

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки  
Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Олександр РОЛІК  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра  
за освітньо-професійною програмою «Інтегровані інформаційні системи»  
зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»  
на тему: «Автоматизована система управління обладнанням житлового  
приміщення»**

Виконав (-ла):  
студент (-ка) VI курсу, групи ІА-92мп  
Горелов Олексій Вадимович \_\_\_\_\_

Керівник:  
Зам. зав. кафедрою, к.т.н, доцент,  
Новацький Анатолій Олександрович \_\_\_\_\_

Рецензент:  
к.т.н., доцент  
Ткач Михайло Мартинович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.  
Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**

**Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 126 «Інформаційні системи та технології»

Освітньо-професійна програма «Інтегровані інформаційні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Олександр РОЛІК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту  
Горєлову Олексію Вадимовичу**

1. Тема дисертації «Автоматизована система управління обладнанням житлового приміщення», науковий керівник дисертації Новацький Анатолій Олександрович, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «26» 10 2020 р. №3132-с
2. Термін подання студентом дисертації: 22.12.20
3. Об'єкт дослідження: регулювання температурою, регулювання вологістю, регулювання освітленістю; детекція відкриття дверей, відкриття вікон, розбиття скла, регулювання силовою частиною, бездротова передача даних.
4. Вихідні дані : параметри контролю, температура, вологість, освітленість, відкриття дверей, відкриття вікон, розбиття скла, регулювання силовою частиною, бездротова передача даних.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: структурна схема центрального блоку управління, структурна схема кімнатного блоку управління, принципові схеми.
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: алгоритм роботи ОС, алгоритм роботи кімнатного контролера, принципова електрична схема контролера вітальні, принципова електрична схема центрального контролера.
7. Орієнтовний перелік публікацій: Міжнародна наукова інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти"

становлення"(випуск 52). «Застосування арифметики чисел з фіксованою крапкою в мікроконтролерних системах».

8. Дата видачі завдання 26.06.2020

Календарний план

№	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Розробка структурної схеми	25.09. 2020	
2	Вибір окремих вузлів	05.10. 2020	
3	Розрахунки	20.10. 2020	
4	Розробка принципової схеми	30.10. 2020	
5	Оформлення текстової та графічної документації	15.11. 2020	
6	Подання проекту до попереднього захисту	30.11. 2020	
7	Представлення до захисту	21.12.2020	

Студент

Горєлов Олексій Вадимович

Науковий керівник

Новацький Анатолій Олександрович

## АНОТАЦІЯ

Тема роботи: розробка автоматизованої системи управління обладнанням житлового приміщення

Виконавець: Горелов Олексій Вадимович

Пояснювальна записка містить 119 сторінки, 29 рисунків та 35 таблиць.

Ключові слова: мікроконтролер, система управління, розумний будинок, виконавчий механізм, датчик, аналого-цифрове перетворення.

Мета роботи: розробка проекту системи управління обладнанням житлового приміщення за допомогою мікроконтролерної системи.

Результати: було розроблено систему управління обладнанням житлового приміщення на базі мікроконтролерної системи, який спростить побут мешканців, заощадить кошти через розумне використання електроенергії, води та ін.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП .....	10
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБЛАДНАННЯМ ЖИТЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ.....	12
1.1 Загальні відомості.....	12
1.2 Огляд існуючих рішень .....	13
1.2.1 AJAX systems .....	13
1.2.2 Clever Apartment Systems .....	14
1.2.3 Eco Systems.....	15
1.2.4 UnMuini Platform .....	16
1.2.5 Xiaomi Smart Home Kit.....	17
1.2.6 Висновки щодо ринку засобів автоматизації домівок.....	18
2 АНАЛІЗ АРХІТЕКТУР МІКРОКОНТРОЛЕРІВ .....	19
2.1 Сфера застосування мікроконтролерів .....	19
2.2 Огляд існуючих архітектур мікроконтролерів .....	19
2.2.1 ARM архітектура .....	20
2.2.2 AVR архітектура.....	20
2.2.3 PIC мікроконтролери .....	21
2.2.4 Мікроконтролери MSP430.....	21
2.3 Висновок щодо оглянутих рішень мікроконтролерних архітектур .....	22
3 ОПИС ВИКОРИСТАНИХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ .....	23
3.1 Мікроконтролер Texas Instruments MSP432P401R .....	23
3.2 Датчик світла OPT3002.....	28
3.3 Датчик температури та вологості HDC2010.....	28
3.4 Кроковий двигун NEMA17.....	30
3.4.1 Уніполярний режим роботи .....	33
3.4.2 Біполярний режим роботи .....	33
3.4.3 Структура крокового двигуна .....	34
3.5 Драйвер крокового двигуна DRV8825 .....	34
3.6 Тиристорний димер .....	35

3.7 LoRa трансивер RN2903 .....	36
3.8 Мікроконтролер MSP430FR.....	40
3.9.1 Датчик CO MQ-7 .....	42
3.9.1 Датчик CO <sub>2</sub> MH-Z14A.....	43
3.10 Драйвер електрохімічного датчика LPM91000.....	45
3.9 Висновки щодо огляду комплектуючих .....	46
4 ОПИС ПЕРИФЕРІЙНИХ МОДУЛІВ КОНТРОЛЕРА .....	47
4.1 Послідовний інтерфейс вводу/виводу (GPIO).....	47
4.2 Аналого-цифровий перетворювач .....	47
4.3 Таймер – лічильник .....	52
4.3.1 Модуль Timer_A.....	52
4.3.2 Архітектура таймера .....	53
4.3.3 Контрольний регістр таймера Timer_A.....	54
4.3.4 Шпаруватість .....	55
4.4 Універсальний асинхронний приймач-передавач.....	56
4.5 I <sup>2</sup> C (Inter Integrated Circuit) .....	58
5. ОПЕРАЦІЙНА СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ЧАСУ.....	60
5.1 FreeRTOS.....	60
5.2 API функції FreeRTOS .....	61
5.3 Створення задач.....	62
5.4 Опис алгоритму OSCPВ.....	63
6 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СИЛОВОЮ ЧАСТИНОЮ.....	68
6.1 Керування потужними приборами .....	68
6.2 Технічні рішення .....	68
6.2.1 Магнітне реле.....	68
6.2.2 Силовий транзистор .....	69
6.3 Реалізація.....	69
7 ОПИС ЗАГАЛЬНОЇ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ .....	71
8 ОПИС ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ ВІТАЛЬНІ.....	72
9 ОПИС СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ВІТАЛЬНІ .....	73
9.1 Загальний опис.....	73

9.2 Опис керуючого модуля .....	73
10 МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛОСОВОГО ФІЛЬРА В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB .....	81
11 СТАРТАП ПРОЕКТ .....	84
11.1 Опис та ідея стартап-проекту .....	84
11.2 Технологічний аудит ідеї проекту .....	86
11.3 Аналіз можливості розгортання старатпу .....	88
11.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту ....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
11.5 Висновки до розділу .....	89
ВИСНОВКИ .....	90
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	91
ДОДАТОК А .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК Б .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК В .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК Г .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК Д .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК Є .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК Ж .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК З .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
ДОДАТОК І .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція;  
Ш – шина  
ЦП – центральний процесор;  
ФНЧ – фільтр нижніх частот  
ФВЧ – фільтр високих частот  
УАПП (UART) – універсальний асинхронний приймач передавач;  
ССБР – схема скидання;  
РП – радіопередавач  
РЕГ – регістри  
ПРМПД – приймач-передавач;  
ПК – персональний комп'ютер;  
ПВІ – пристрій відображення інформації;  
ОСРВ – операційна система реального часу  
ОК – об'єкт керування  
МП – мікропроцесор  
МК – мікроконтролер;  
ЛС – лінія зв'язку;  
КСУ – контролер системи управління;  
КР – кварцовий резонатор;  
КОМ – керуюча обчислювальна машина;  
Д – датчик  
ВП – виконавчий пристрій  
БКС – байт контрольної суми;  
БІ – блок індикації;  
АЦП – аналого-цифровий перетворювач;  
АСУ – автоматична система управління;  
TQFP (Thin Quad Flat Pack) - тип корпусу мікросхем;



SPI (Serial Peripheral Interface) – послідовний периферійний інтерфейс;

RTC (Real Time Clock) – годинник реального часу;

RISC (Reduced Instruction Set Computer) – скорочений набір інструкцій;

JTAG (Joint Test Action Group) – програматор для плат;

DIP (Dual In-line Package) – тип корпусу мікросхем;

CISC (Complex Instruction Set Computing) – комплексний набір інструкцій;

BAUD (бод) – одиниця, яка показує кількість байтів за секунду;

AES – Advanced Encryption Standard

## ВСТУП

Завдяки бурхливому економічному розвитку у XX столітті з'явилося величезна кількість нових інфраструктурних об'єктів, більшість з яких складають багатоквартирні оселі. Спочатку домівки не мали багато зручностей. Але разом із стрімким технологічним розвитком, в оселях почали зв'язуватися чисельні електронні прилади, кондиціонери, зволожувачі, системи теплої підлоги та інше. Через це людям прийшло на думку розробити систему, яка могла б допомагати їх спростити керування всіма цими приладами. Так наприкінці XX століття одним з господарських напрямків розвитку стала й домашня автоматизація.

Розробки подібних систем почалися ще у далекому 1950 році. Американський винахідник Еміль Матіас створив систему, яка складалася з кнопок та допомагала спростити деякі господарські справи.

Першим застосування обчислювальної техніки в домашній автоматизації стала розробка Вільяма Сонісберга, який за допомогою комп'ютера «ЛУНА-6» керував температурою, мав змогу вмикати побутові прилади.

Системи керування оселею в основному складаються з наступних елементів:

- контролери;
- вимірювальне обладнання;
- аксесуари;
- виконавчі прилади.

В сучасних система все менш використовується дротова передача даних. Її місце займає бездротова передача сигналів. Спочатку більшість приладів керувалася за допомогою Wi-Fi та Bluetooth, але з причин великого споживання електроенергії ці технології були замінені на більш енергоефективні системи зв'язку, такі як ZigBee, Z-Wave та LoRa.

Для зв'язку з користувачами використовуються мобільні додатки або стільниковий зв'язок.

Основними задачами систем автоматичного господарювання є:

- охоронна безпеки
- керування температурою, освітленістю, вологістю
- пожежна безпека

Слід зазначити що з ростом кількості приладів домашньої автоматизації кількість злочинів ( пограбування, злами, знищення майна) скоротилася, а кількість розкритих справ зросла.

Розвиток в цьому напрямку є перспективним та з ринковими умовами, які склалися сьогодні, попит на подібні девайси буде тільки збільшуватися.

## 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБЛАДНАННЯМ ЖИТЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ

### 1.1 Загальні відомості

Автоматизована система управління обладнанням житлового приміщення - це система керуючих приладів, які застосовуються для полегшення умов життя людей в домівках, без втручання людини в ці процеси.

Сфера застосування дуже широка: від керування освітленістю в приміщенні та підтриманням оптимальної температури в домівці до сигналізування про потопи чи пожежі, чи вторгнення сторонніх осіб в дім.

Особливістю цих систем є їх універсальність: господарі можуть встановлювати бажані параметри в будь-який час та змінювати їх на свій розсуд в залежності від кліматичної, світлової чи інших ситуацій. Також ці системи є масштабовані, що передбачає додавання або демонтаж окремих блоків та вузлів у вже готовий дім.

Автоматизована система управління обладнанням житлового приміщення складається з різних модулів, які виконують окремі обчислення та зв'язуються через різні протоколи зв'язку з головним обчислювальним блоком, який на підставі отриманих даних створює керуючі впливи на давачі. Периферійні модулі можна розділити на окремі класи – це керуючі пристрої (контролери), керовані пристрої (наприклад, сервомотори) та датчики.

Керуючий пристрій створює керуючий вплив, який надходить до периферійних модулів. Керовані прилади, отримавши керуючий вплив здійснюють якусь механічну або електричну роботу, або роблять якісь цифрові обчислення. Інформація про навколишнє середовище є аналоговою величиною ( напруга, ємність, освітленість), тому ці величини приймаються аналоговими датчиками. Цифровий датчик є більш провідною реалізацією аналогового датчика, а саме додаванням АЦП.

Автоматизована система управління обладнанням житлового приміщення може мати декілька корисних функцій:

- автоматичне регулювання освітленістю в приміщенні, в залежності від рівня освітленості ззовні ( це дозволяє підтримувати необхідний рівень освітленості, який є нормальним для наших очей, та економити гроші, використовуючи замість надлишкового освітлення від ламп днем сонячне світло;
- комплекс системи управління домівкою може виконувати й господарські потреби, такі як полив газонів в залежності від рівня вологості ґрунту, доби або за спеціальною програмою, визначати погодні умови ( включати в себе метеокомплекс), робити замір лічильників та багато іншого;
- контролювати за допомогою допоміжних датчиків за витоками газу або води;
- виконувати енергозберігаючі функції, споживаючи при цьому дуже мало електроенергії;
- розширені варіанти цих систем можуть допомагати людям з інклюзивними потребами ( виклик помічника, автоматичне підняття пандусів);
- простота управління всіма вузлами системи з пульта керування або мобільного додатку на смартфоні за допомогою мережі інтернет;

## 1.2 Огляд існуючих рішень

### 1.2.1 AJAX systems

Аjax – підприємство, яке з 2011 року виготовляє професійне обладнання в сфері безпеки домівок та офісів. Розташована у місті Київ. Всі їх прилади поєднують в собі інноваційність, високотехнологічність та стильний дизайн. Багаторічний план розвитку містить напрями розвитку в сфері високотехнологічних речей, інтернету речей та абсолютної безпеки в ІТ середовищі. Компанія є інтернаціональною. Офіси та КБ розташовані у Франції, Болгарії, Великобританії та США. Ajax Systems самостійно розробляє дизайн, створює своє власне апаратне та програмне забезпечення. На рисунку 1.1 зображено набір окремих датчиків та центральний керуючий контролер.



Рисунок 1.1 – Центральний блок з датчиками компанії Ајах

Переваги: стильний дизайн, можливість керувати системою зі смартфона .

Недоліки: висока ціна.

### 1.2.2 Clever Apartment Systems

Clever Apartment – українська розробка від нашого співвітчизника Михайла Кульнишевського, який є його безпосереднім керівником. Компанія розташована у Львові, де йдеться розробка систем, спеціальних датчиків та оздоблювальних матеріалів. Будівельна компанія «УКРБУД» в 2019 році підписала контракт з Clever Apartment Systems на установку їх пристроїв у свої будівлі. Пілотним будинком, який

використовував опцію попереднього встановлення системи від Clever Apartment Systems є ЖК «Львівський квартал» (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Комплект системи Clever Apartment Systems в будівлях «УКРБУД»

Переваги: новизна, система дуже функціональна та має широкий спектр можливостей.

Недоліки: опція встановлення цього обладнання досить коштовна.

### 1.2.3 Eco Systems

Насамперед система створена для моніторингу та оптимізації витрат електричної енергії в житлових та офісних будівлях. Ця система модульна і налічує в собі центральний блок та периферійні прилади, які дозволяють підвищити доцільність витрат енергетичних ресурсів. Режим регулювання витратами електроенергії може бути встановлений за розсудом користувача.

Також Eco Systems виготовляють блоки живлення для сонячних панелей.

За блискавичний розвиток, доцільність ідей та гарні апаратні рішення Eсо Systems була номінована грантом Європейського банку реконструкції та розвитку.

Наразі ведуться перемовини із зарубіжними колегами про обмін досвідом та технологіями для подальшого розвитку сфери енергетичної економії. На рисунку 1.3 зображено модель взаємодії між користувачем та приладами.

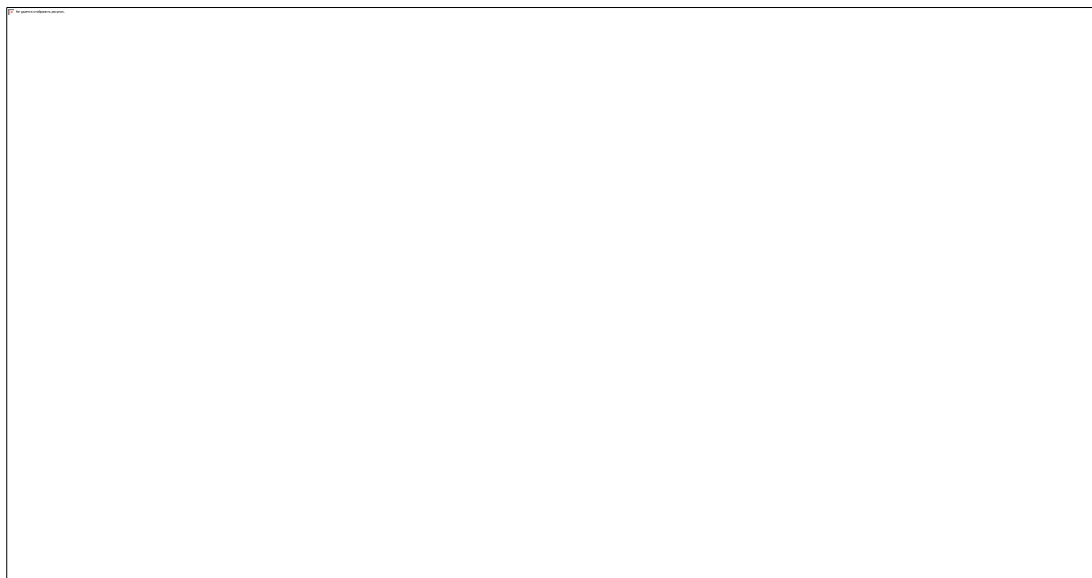


Рисунок 1.3 – Інтерфейс між користувачем та приладом Ecosime

Переваги: економія споживання електроенергії.

Недоліки: так як компанія наразі розвивається, асортимент їх приладів дуже невеликий.

#### 1.2.4 UnMuini Platform

UnMuini – це сервіс, основною задачею якого є організація енергоефективних об'єктів для офісних будівель, приватних домівок, торгівельних площадок, мереж закладів. Основна задача, яка була поставлена розробниками – це створення системи енергоменеджменту.

Переваги: обладнання великих офісів дозволяє економити на споживанні електроенергії.

Недоліки: вузький функціонал.



### 1.2.5 Xiaomi Smart Home Kit

Xiaomi Smart Home Kit – це набір електроніки, який дозволяє керувати кількома вузлами дому, такі як світло та електроспоживання, без конструктивних змін в проекті або ремонті квартири або будинку. Обладнання може бути встановлено в будь-якому місці та не потребує додаткових конструктивних внесень. В використанні є дуже простою. Керувати можна за допомогою смартфона з попередньо завантаженою програмою від Xiaomi. В комплект поставки йде «розумна» розетка, датчики руху, термостат, димер для регулювання освітленістю (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Набір Xiaomi Mi Home

Переваги: невелика ціна, простота використання.

Недоліки: цей набір не несе суттєвого економічного ефекту.

### 1.2.6 Висновки щодо ринку засобів автоматизації домівок

Можна з впевненістю сказати, що ринок наповнений різноманітними приладами для автоматизації господарських потреб. Є й професійні системи, які здаються разом із новопридбаною квартирою та гарантують повний контроль над житловим приміщенням та недорогі набори, які допоможуть користувачеві оцінити рівень допомоги в побуті.

Але на ринку нема досить дешевих масштабованих систем із гарним функціоналом.

## 2 АНАЛІЗ АРХІТЕКТУР МІКРОКОНТРОЛЕРІВ

### 2.1 Сфера застосування мікроконтролерів

Мікроконтролер — це мікросхема спеціального призначення, яка поєднує в собі АЛУ, порти введення - виведення, пам'ять даних, пам'ять програм, різні інтерфейси (UART, I2C, SPI, USB, CAN, LIN, Ethernet), периферійні модулі( АЦП, ЦАП, таймери-лічильники, компаратори).

На відміну від мікропроцесора, мікроконтролер є самостійним елементом, та не потребує бути встановлений на спеціальну материнську плату. Він здатен виконувати математичні обчислення з великою швидкістю, але поступається мікропроцесорам в обчислювальній потужності. Образно кажучи, мікроконтролер є мало потужним комп'ютером, який може виконувати обчислення, створювати керуючий вплив та відтворювати інформацію графічно, за допомогою вбудованих інтерфейсів, які можуть бути підключені майже до будь-якого дисплея.

Найбільшого застосування знайшов у автомобільній, промисловій та побутовій техніці. Найчастіше мікроконтролери використовують у пральних машинах, автомобільних мультимедійних системах, турнікетах.

Цікавим фактом є й те, що найбільша доля виготовляємих напівпровідникових обчислювальних чіпів належить мікроконтролерам.

### 2.2 Огляд існуючих архітектур мікроконтролерів

На сьогоднішній день на ринку мікроконтролерів представлено досить багато різних чіпів із різними архітектурами. Багато архітектур наразі вважаються застарілими та не часто вживаними, наприклад МК-51. Такі архітектури ми не будемо брати до уваги.

### 2.2.1 ARM архітектура

ARM архітектура була розроблена в ARM Limited, з метою вдосконалити архітектуру RISC. З назви можна побачити, що ARM (Advanced RISC Machine) – вдосконалена машина з обмеженим набором інструкцій.

З 2008 року в 96% мобільних пристроях, виготовлених людством встановлено мікропроцесори та мікроконтролери з архітектурою ARM. Наразі лінійка мікропроцесорів налічує наступні ядра:

- Cortex A – надпотужні обчислювальні ядра для мобільних приладів (планшети, телефони)
- Cortex R – ядра для систем реального часу
- Cortex M – енергоефективні та не дуже потужні ядра.

Системи команд налічують більш комплексні інструкції, переходячи від дешевих до дорогих моделей.

### 2.2.2 AVR архітектура

AVR (Advanced Virtual RISC) – сімейство RISC мікроконтролерів. Наразі налічує 8, 16 та 32-бітні архітектури. Створена у 1996 році студентами Норвезького Університету Наук та Технологій. Через брак часу та можливостей, проект розробки був запропонований компанії ATMEL для подальшої розробки та модернізації. Проект був із задоволенням прийнятий, були залучені кошти, та пізніше, у 1997 році було показано перше готове апаратне рішення.

Після бурхливого старту, ATMEL почала роботу над вдосконалюванням архітектури, та продемонструвала світові 16-ти та 32-х бітні контролери. Але великої популярності вони не здобули через заплутану і важку архітектуру. Ще одним недоліком є те, що компанія ATMEL є монополістом архітектури AVR32, що робить її розвиток повільним, а модельний ряд обмеженим.

8-бітні контролери є досить дешевими і мають гарний попит і понині.

### 2.2.3 PIC мікроконтролери

PIC (Peripheral Interface Controller) – архітектура, розроблена американською компанією Microchip Technology Inc. Проектувалися як схеми для додаткового розширення портів введення-виведення для мікроконтролерних систем CP1700. Це відображає сама назва архітектури: Peripheral Interface Controller. Існує гарна зворотня сумісність між 8, 16 та 32 бітними чіпами. Сумісність виражається в тому, що різні контролери виготовляються з однаковими на всій лінійці контролерів периферійними пристроями, такими як таймери та інтерфейси зв'язку, підтримка бібліотек більш застарілих контролерів. Також контакти контролерів в одному корпусі мають однакові призначення в різних родинках та однакову напругу живлення.

Контролери цієї фірми широко розповсюджені світом та мають свій попит серед професійних розробників.

### 2.2.4 Мікроконтролери MSP430

Сімейство мікроконтролерів MSP430 – це 16-бітні контролери, монопольно розробляються та виготовляються компанією Texas Instruments. Система команд цієї архітектури підтримує чисельні способи адресації: команди можуть оперувати даними із різних областей (реєстри, оперативна пам'ять, безпосередньо задане значення).

Контролери розроблялися з ухилом на максимальну енергоефективність в системах, які мають обмежене електропостачання. В основному зустрічаються в критичних системах, таких як пожежна сигналізація, тонометри.

## 2.3 Висновок щодо оглянутих рішень мікроконтролерних архітектур

Серед перелічених вище архітектур є багато широко вживаних та широко підтримуваних родин. Але серед всього ряду, мій вибір падає на контролери за ARM архітектурою. В цієї архітектури є багато переваг над іншими: кожна інструкція виконується за 1 такт, високі тактові частоти ядер, великий перелік ядер для простих, середніх та важких задач. Слід зазначити, що компанія часто оновлює версії ядер ( в кожному новому преміальному процесорі (наприклад, Qualcomm Snapdragon 865), встановлена найсвіжіша версія ядра випущена в 2019 році.

Інші архітектури нажаль не можуть дати взамін щось інноваційне: вони використовуються для певних задач. Більшість із них займають свою нішу роками. Тому перспективну розробку потрібно розробляти на найрозповсюдженіших контролерах, а саме на архітектурі ARM.

### 3 ОПИС ВИКОРИСТАНИХ КОМПЛЕКТУЮЧИХ

#### 3.1 Мікроконтролер Texas Instruments MSP432P401R

Мікроконтролера, який буде приймати дані від усіх датчиків, повинен бути потужним та енергоефективним. В лінійці мікроконтролерів є гарні контролери серії MSP432 (на архітектурі ARM) та MSP430 на однойменній архітектурі. Мікроконтроллер MSP432P401R має гарну ціну за необхідну від системи продуктивність.

Вибір пав саме на цю компанію через те, що вона є світовим лідером по виготовленню та розробці електроніки, та займає 4 місце після таких компаній:

Samsung, Toshiba та Intel. Також Texas Instruments має гарну технічну документацію до своїх продуктів а також широкий асортимент різних комплектуючих.

Для програмування можна використовувати будь-яку Embedded IDE, наприклад Keil або IAR. Але для своїх пристроїв Texas Instruments розробила свою IDE на базі Eclipse під назвою Code Composer Studio. Програмування здійснюється за допомогою програматорів JTAG або XDS110.

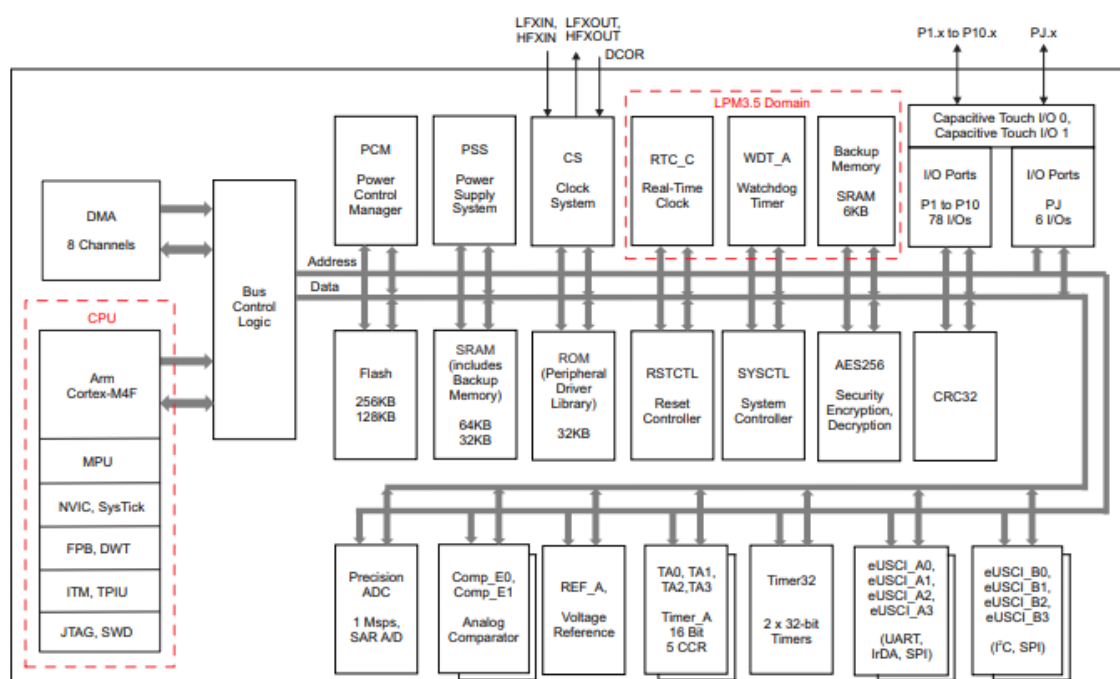


Рисунок 3.1– Діаграма функціональних блоків мікроконтролера MSP432P401R

Із діаграми бачимо наявність всіх периферійних блоків (рисунок 3.1) [20]:

- блок управління контролем живлення;
- система тактування;
- годинник реального часу;
- сторожовий таймер;
- порти введення-виведення;
- 14-бітний АЦП на 1 мільйон вибірок за секунду;
- два аналогових компаратора;
- зовнішня опорна напруга;
- 32-бітний таймер;
- 4 16-бітних таймера із 5 регістрами порівняння/захвату;
- 4 шини I<sup>2</sup>C;
- 4 модулі UART з підтримкою IrDA;
- 8 SPI модулів.

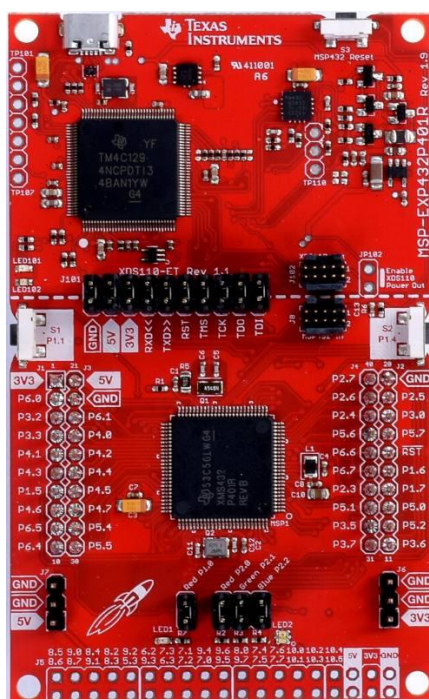


Рисунок 3.2 – Плата відлагодження для мікроконтролера MSP432P401R з вбудованим програматором



Для того, щоб оцінити можливості цього мікроконтролера перед серійним виробництвом, компанія Texas Instruments виготовила плату відлагодження на базі мікроконтролера MSP432P401R (рисунок 3.2) [24]. Плата комплектується вбудованим програматором, який можна відключити по бажанню, двома світлодіодами та двома кнопками. Для взаємодії з портами контролера на друкованій платі впаяні контактні групи з шелкографією портів.

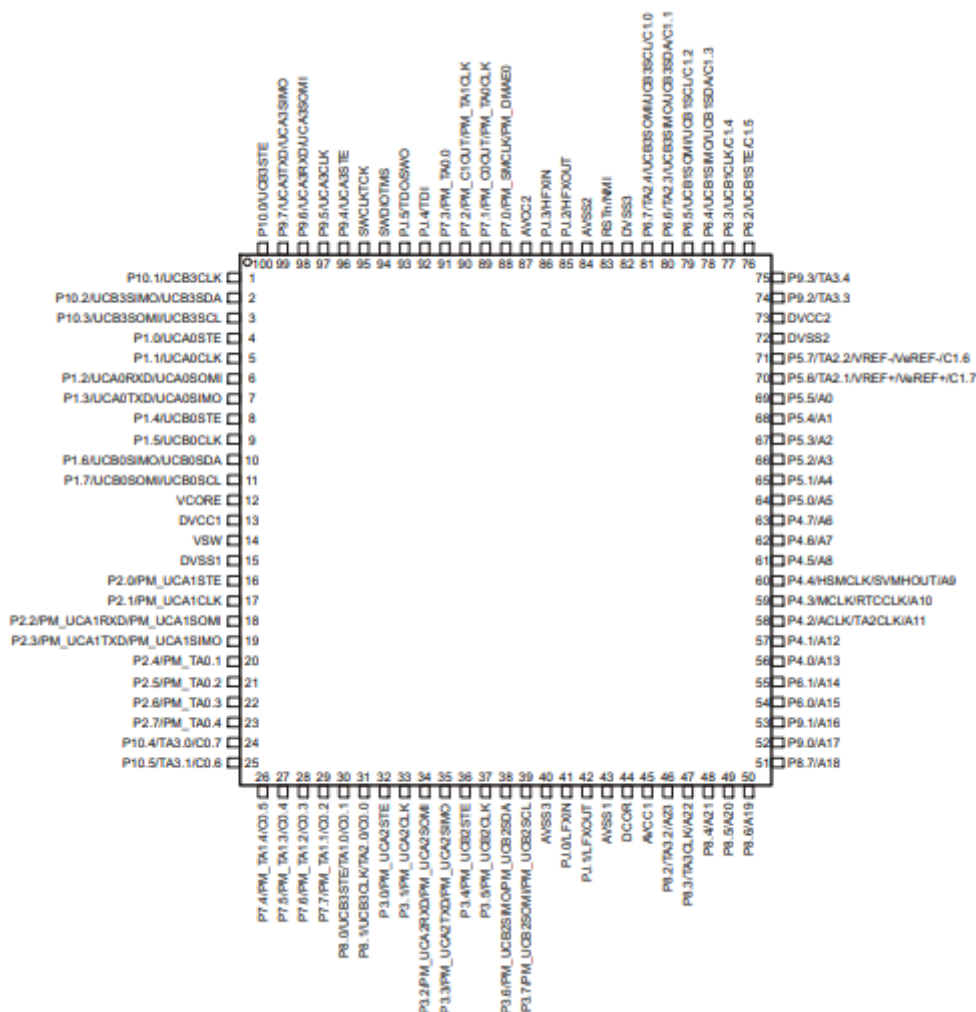


Рисунок 3.3 – Зображення виводів та відповідних їм інтерфейсів мікроконтролера MSP432P401R

До того, мікроконтролер має спеціальний апаратний модуль керування споживання електроенергії, що є дуже важливим в автономних приладах. В мікроконтролері наявні 5 режимів електроспоживання (рисунок 3.4) [20] :

- Active mod;
- LPM0;
- LPM3;

- LPM4;
- LPM3.5;
- LPM4.5.

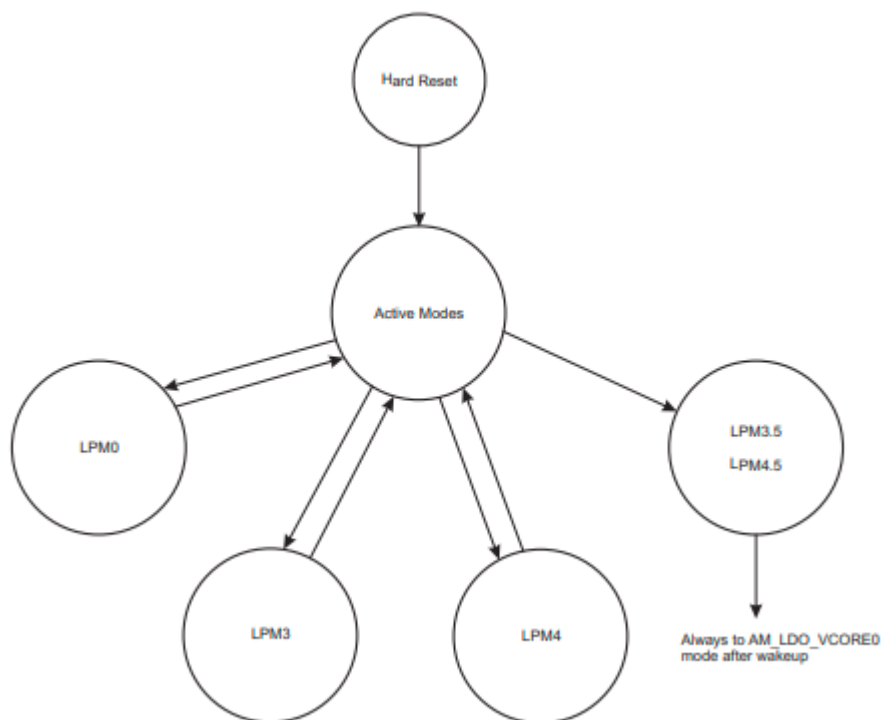


Рисунок 3.4 – Приклад переходу режимів енергозбереження

Таблиця 3.1 - режими енергозбереження мікроконтролера MSP432P401R

Режим енергозбереження	Особливості режиму
Active mod	Повноцінне живлення CPU Активне Максимальна частота периферійних модулів 12 МГц Доступні високо- та низько-частотні джерела Flash пам'ять та банки SRAM активні
LPM0 (сон)	Живлення скорочене CPU не активно Максимальна частота для периферійних модулів 128 кГц Flash пам'ять та банки SRAM активні

Продовження таблиці 3.1

LPM3 (глибокий сон)	Живлення скорочене CPU не активно, робота периферійних модулів скорочена Максимальна частота периферійних модулів 32.768 кГц Лише банк 0 SRAM активний
LPM4 (глибокий сон)	CPU не активно Периферійні модулі не активні Доступні високо- та низько-частотні джерела Flash пам'ять не активна Порти вводу/виводу замкнуті та збережені
LPM3.5 (зупинений або вимкнутий)	Живлення максимально скорочене CPU не активно Периферійні модулі не активні Доступні низькочастотні джерела Порти вводу/виводу замкнуті та збережені
LPM4.5 (зупинений або вимкнутий)	Живлення відсутнє CPU не активно Периферійні модулі не активні Не доступні високо- та низько-частотні джерела Порти вводу/виводу замкнуті та збережені

В таблиці 3.1 [20] представлено опис можливостей різних режимів енергозбереження, які є дуже необхідними при роботі пристроїв з батарейним живленням. Використання режимів енергозбереження може дозволити пристроям працювати від однієї пальчикової батареї щонайменше пару років.

### 3.2 Датчик світла OPT3002

В проекті використовується датчик освітленості OPT3002. Під час роботи він перетворює потужність світлового потоку в цифровий код та передає отримані дані по лінії зв'язку I<sup>2</sup>C.

Характеристики датчика :

- оптичний спектр: від 300нм до 1000нм;
- динамічний діапазон :23 біти;
- струм споживання: 1.8 мкА;
- робоча температура : -40 до 50 градусів;
- напруга живлення: від 1.6 до 3.6 вольт;
- інтерфейс зв'язку з мікроконтролером: I<sup>2</sup>C;

На рисунку 3.5 [14] зображена структурна схема датчика освітленості. На ній зображено приймач світла, АЦП та інтерфейс I<sup>2</sup>C для зв'язку з мікроконтролером.

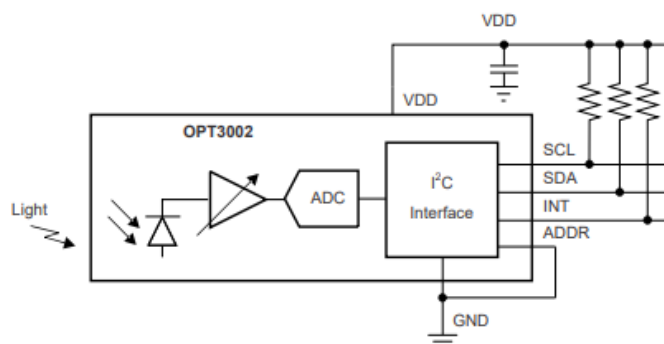


Рисунок 3.5 – Структурна блок схема датчика освітленості OPT3002

### 3.3 Датчик температури та вологості HDC2010

HDC2010 – інтегрований датчик вимірювання вологості та температури повітря, який забезпечує гарну точність та низьке енергоспоживання при невеликих габаритах у корпусі WLCSP. Датчик можна запрограмувати на певний поріг спрацювання з генерацією сигналу попередження, або запрограмувати на самостійний замір температури та вологості з певним програмованим періодом, без участі сигналів з мікроконтролера.

### Характеристики датчика температури та вологості HDC2010:

- діапазон вимірювання вологості: 0% до 100%;
- точність вимірювання вологості:  $\pm 2\%$ ;
- струм споживання ( вологість + температура) за 1 секунду: 550нА;
- діапазон вимірювання температури: від -40 до 85 градусів;
- точність вимірювання температури:  $\pm 0,2$  градуси;
- напруга живлення: від 1.6 до 3.6 вольт.
- інтерфейс : I<sup>2</sup>C;

### Застосування:

- портативні термостати;
- портативні домашні помічники;
- холодильники;
- комунікаційне обладнання.

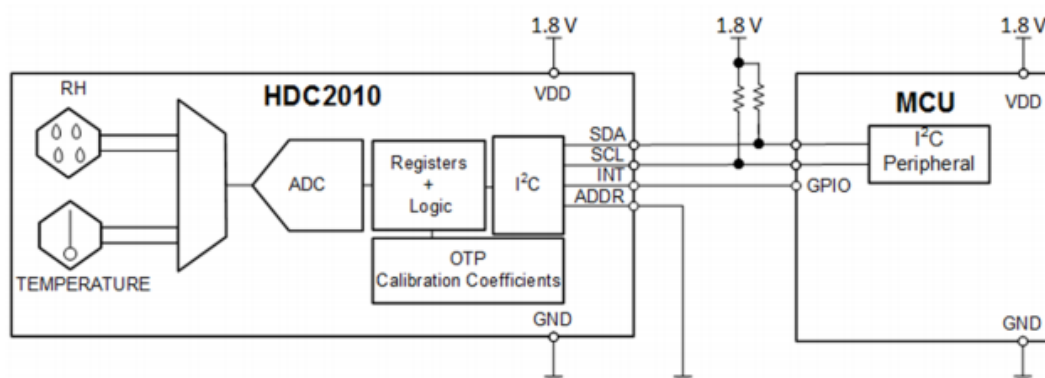


Рисунок 3.6 – Структурна блок схема датчика вологості та температури HDC2010

На рисунку 3.6 [12] зображена структура датчика. Вона складається з двох датчиків, мультиплексора, АЦП, логікою, керуючими регістрами та регістрами для зберігання результатів, блоком калібрування коефіцієнтів та інтерфейсом I<sup>2</sup>C для зв'язку з мікроконтролером. Датчик є енергоефективним та часто застосовується в подібних проектах. Його плюсом є одночасне вимірювання двох параметрів навколишнього середовища за його ціну, тому що два окремих датчика будуть потребувати більше місця на платі та матимуть більшу ціну та надлишкову точність.

### 3.4 Кроковий двигун NEMA17

Кроковий двигун – це електрична машина, яка використовує імпульсне живлення для того щоб мати змогу ротору зробити переміщення на певний кут. Слід зазначити з цього, що швидкість та кут обертання залежать від швидкості зміни імпульсів та від часу імпульсу. Кожний такий імпульс називається кроком. В драйверах крокових двигунів використовуються спеціальні схеми, які дозволяють зменшувати крок, дроблячи його на 2, 4, 8 або більше кроків.

Крокові двигуни використовуються в станках з ЧПУ, та в системах, які потребують великого моменту утримання в статичних умовах.

Розглянемо різновиди крокових двигунів:

- двигун зі змінним магнітним опором
- двигун з постійними магнітами
- гібридні

Гібридні двигуни мають постійні магніти на роторі та обмотки збудження на статорі. Це дозволяє збільшити обертовий момент та зменшити крок двигуна (менше  $0.9^\circ$ ).

На низьких частотах керуючих сигналів, мотор може сильно вібрувати, що пов'язано з резонансною частотою конструкції двигуна. Це призводить до зменшення ефективності мотора та викликає механічне навантаження на корпус. Ефекту можна уникнути, роздробивши крок який визиває вібрацію на більшу кількість кроків.

Переваги крокових двигунів:

- регулювання кутом оберту здійснюється завдяки регулюванню імпульсів живлення;
- повний обертовий момент у стані спокою;
- мають гарну точність, та не накопичують помилок при зміні кута;
- швидкодія;
- через те, що цей двигун є безщіточним, його термін експлуатації дуже великий;
- не потребує енкодера (датчика кута);

Недоліки крокових двигунів:

- утворення резонансу на низьких обертах;
- при великих швидкостях погані мотори можуть пропускати кроки, що робить обертання нестабільним;
- мала потужність;
- складність у схемі керування;
- споживання струму в статичному режимі.

В даному проекті кроковий двигун використовується в ролі регулятора для віконних ролетів. За допомогою спеціальної програми та за допомогою крокового двигуна буде здійснюватися регулювання освітленістю в приміщенні, так як кроковий двигун буде встановлений в механізм накручування ролетів. За недостатнім освітленням контролер виробить команду для змінення кута ролетів або їх певного підйому. Це дозволить регулювати надлишкове сонячне світло вдень та економити електричну енергію ввечері.

Також кроковий двигун буде встановлений в системі опалення для регулювання кута обертання крана опалення. За надлишкової температури в приміщенні система буде закривати кран опалення, що дозволить заощадити кошти, а за низької система відкриє кран опалення та посприє утворенню комфортної температури в кімнаті.

Для керування двигуном потрібен спеціальний драйвер, який буде перетворювати керуючі послідовності контролера в силовий вплив на двигун.

В таблиці 3.2 представлена керуюча послідовність для крокового двигуна в режимі повного кроку. Також на рисунку 3.7 зображено використаний кроковий двигун NEMA 17 [14].

Якщо буде встановлена велика швидкість або надзвичайно велике навантаження, кроковий двигун може почати пропускати кроки, тому що в першому випадку струм в обмотках не зможе утворитися магнітного поля, в другому випадку, вал не зможе обернутися через навантаження, та послідовність кроків зіб'ється.

Таблиця 3.2 – Керуюча послідовність для крокового двигуна

Індекс	1a	1b	2a	2b
1	+	-	-	-
2	+	+	-	-
3	-	+	-	-
4	-	+	+	-
5	-	-	+	-
6	-		+	+
7	-	-	-	+
8	+	-	-	+
9	+	+	-	-
10	-	+	-	-
11	-	+	+	-
12	-	-	+	-
13	-	-	+	-
14	-	-	-	+
15		-	-	+
16	+	-	-	+



Рисунок 3.7 – Кроковий двигун NEMA17



### Характеристики двигуна NEMA 17:

- мінімальний крок 1.8 градуса;
- діаметр валу: 6мм;
- загальний струм споживання: 1.5А;
- опір обмоток: 2 Ом;
- індуктивність обмоток: 3 мГн;
- вага: 150 грамів.

Даний мотор може працювати у двох режимах: уніполярний та біполярний.

#### 3.4.1 Уніполярний режим роботи

В уніполярному режимі роботи працює лише одна половина обмотки за один крок. Це зменшує загальний момент обертання, але зменшує схему керування двигуном, роблячи її більш простою.

#### 3.4.2 Біполярний режим роботи

У біполярному режимі роботи обертання здійснює одна обмотка. При чому струм може протікати в різних кроках в різні сторони однієї і тієї ж обмотки. Момент крокового двигуна зростає, разом із цим зростає і комплексність схеми. На рисунку 3.8 представлено схему підключення біполярного крокового двигуна [19].

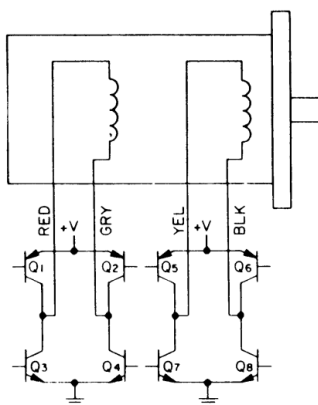


Рисунок 3.8— Біполярний режим підключення

### 3.4.3 Структура крокового двигуна

Статор мотора має 8 полюсів, які розташовані на окружності через кожні 45 градусів. Кожен полюс налічує по 5 зубців.

Для створення обертового магнітного поля необхідно і достатньо чергування 2х фаз. На рисунку 3.9 представлено керуюча послідовність для крокового двигуна, яка утворює обертове магнітне поле.

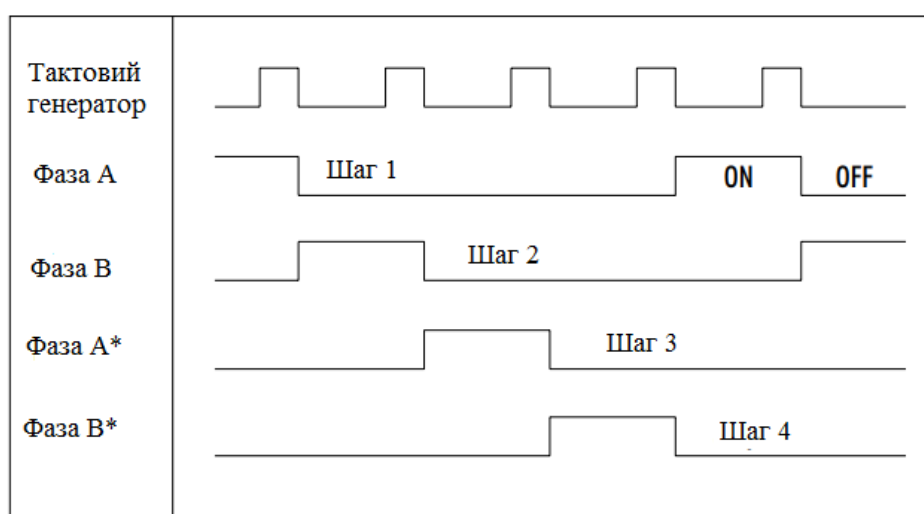


Рисунок 3.9 – Керуюча послідовність для отримання обертового магнітного поля

### 3.5 Драйвер крокового двигуна DRV8825

Данна мікросхема застосовується для керування біполярним кроковим двигуном або двома двигунами постійного струму.

Характеристики:

- простий інтерфейс шаг/напрямок;
- максимальний струм обмотки: 2.5А;
- напруга живлення: 8.2 – 45 вольт;
- мікрокроковий режим (до 1/32).

На рисунку 3.10 представлено зразок підключення драйвера DRV8825 до мікроконтролера та обмоток двигуна [19].

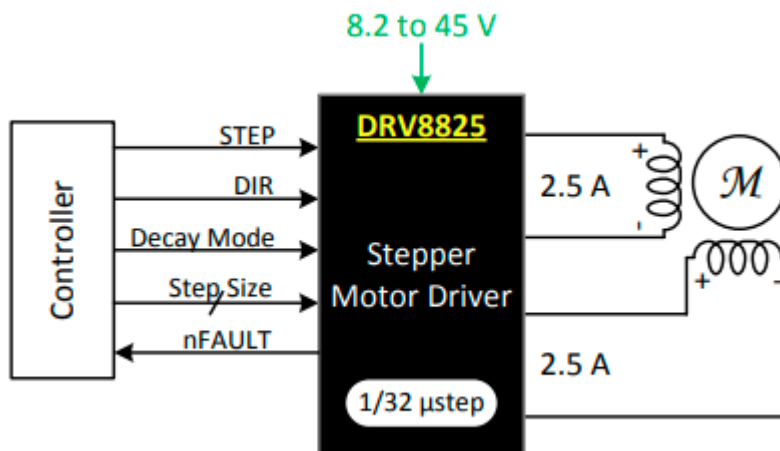


Рисунок 3.10 – Зразок підключення драйвера

Драйвер керується за допомогою ШИМ-сигналу. Кожний період сигналу (а точніше перехід із логічного «0» в логічну «1») дозволяє кроковому двигуну зробити 1 шаг. Для керування таким драйвером важливими параметрами є частота ШИМ-сигналу та кількість тактів. За допомогою трьох виводів мікроконтролера можна задати мікрокроковий режим роботи (цілий шаг, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32). Ще за допомогою одного виводу можна регулювати напрямок обертання («0» - обертання за годинниковою стрілкою, «1» - проти годинникової стрілки).

### 3.6 Тиристорний димер

Димер – це спеціальний прилад, який дозволяє керувати потужністю електроприладів за допомогою ШИМ сигналу. Його використовують в домівках для регулювання яскравості світла або для керування потужністю потужних приладів (водонагрівачі, електроплити).

На початку появи димерів на ринку, вони не були дуже ефективними та нічого не економили електричної енергії, через те що вони розсіювали обмежену потужність в навколишнє середовище. Функціональність сучасних димерів є дуже високою та становить від 90% до 95%. Також сучасні димери дозволяють виконувати більш важкі задачі та одночасно керувати десятками приладів.

Димери дуже ефективні для використання з лампами розжарювання, але для керування рівнем яскравості світлодіодних ламп потрібні спеціальні лампи, які підтримують функцію диміювання, через те, що світлодіоди працюють від постійного струму та мають випрямляч змінного струму.

Керування димером здійснюється за допомогою ШІМ сигналу. Він може бути згенерований як самим димером, так і поданий від зовнішнього джерела.

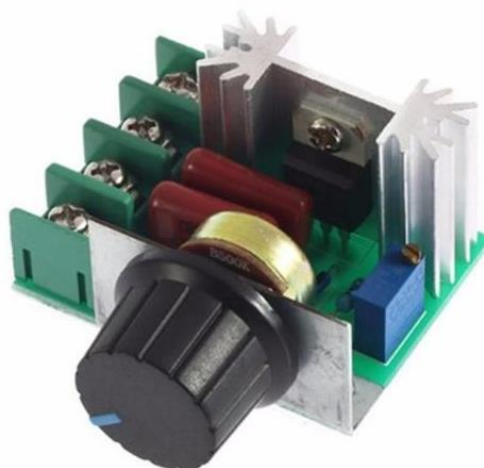


Рисунок 3.11 - Тиристорний димер

### 3.7 LoRa трансивер RN2903

Модуль бездротового зв'язку SX1278 комплектується вбудованим модемом з технологією LoRa. Цей прилад забезпечує широкосмуговий зв'язок з розширеним спектром, має гарну завадостійкість та дальність при мінімальному споживанні струму. Передача даних здійснюється в субгігагерцовому діапазоні в полосі частот, яка не потребує ліцензування. При максимальній потужності передавача, передача даних може здійснюватися на відстані до 10 км на частоті 443 МГц, відповідно при облаштуванні системи якісною антеною та без фізичних перешкод в каналі зв'язку.

Ця технологія представляє фізичний рівень в системі OSI. Швидкість передачі даних в залежності від частоти сингналу та відстані від приймачем-передавачем складає від 300 біт до 27 кілобіт за секунду.

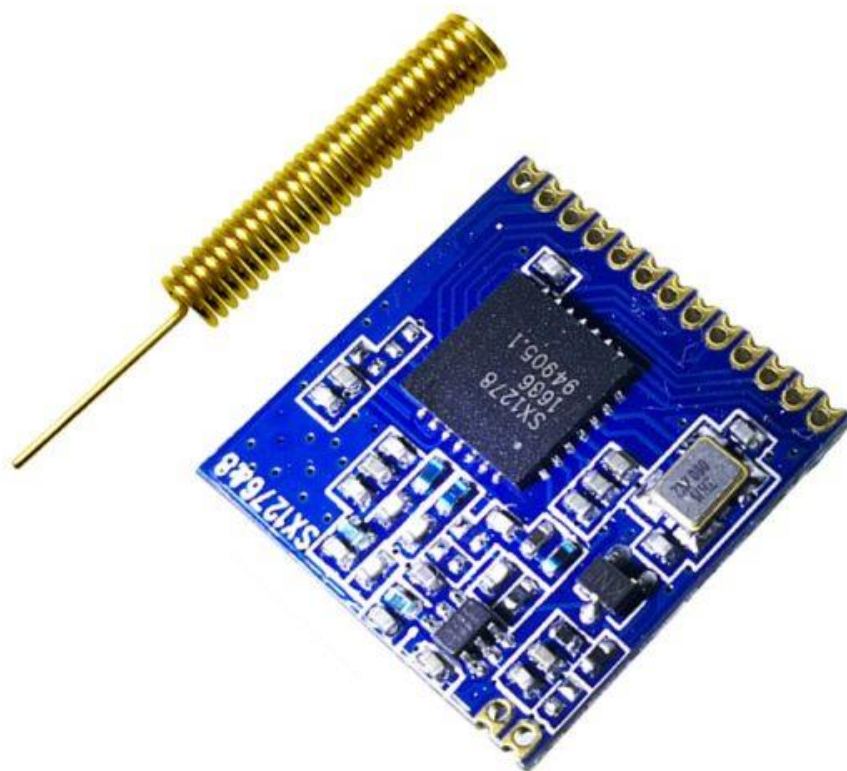


Рисунок 3.12 – Бездротовий передатчик SX1278

Характеристики передатчика SX1278:

- мікросхема модему SX1278;
- інтерфейс: UART, SPI;
- чутливість приймача: -148dBm;
- потужність антени : -2...8 dBm;
- модуляція LoRa, FSK, GFSK;
- частота: 443 МГц;
- швидкість передачі даних (бод): 115000
- дальність: 500 метрів.

Новий стандарт зв'язку дозволяє підключати кілька приладів до одного хаба. Також збільшена швидкість передачі даних та збільшена дальність зв'язку.

Зараз все частіше застосовуються технології, засновані на концепції ІОТ, в основі якої полягає передача інформації між різноманітними інтелектуальними приладами. Передача інформації може відрізнитися залежно від технології зв'язку, саме тому дослідники приділяють увагу саме технології. В наш час є багато існуючих технологій, наприклад 3G, LTE або Wi-Fi, за допомогою яких можна побудувати різні бездротові мережі, але вони зовсім не годяться для приладів з великими вимогами для автономності та значно віддалених від базових станцій. Тому для спеціальних потреб була розроблена технологія модуляції LoRa та мережевий протокол LoRaWAN. Ця технологія гарантує велику дальність зв'язку, проникаючу здатність, завадостійкість, є над-енергоефективною та працює у неліцензованому діапазоні радіочастот.

В цій роботі застосовується передача даних між приладами з комунікаційними модулями LoRaWAN, обмін інформацією з центральним блоком керування. Ця технологія стає все більш вживаною в домашній автоматизації та все частіше впроваджується в нових приладах. Розглянемо масштабованість мережі, модуляцію LoRa та розповсюдження радіохвиль в середовищі.

Головною особливістю даної технології є її висока енергоефективність при великій дальності зв'язку. Це досягається завдяки низькій пропускній здібності каналу зв'язку. Тому ця технологія широко розповсюджується серед приладів на автономному живленні, які не потребують високої швидкості в обміні інформацією, а саме різноманітні датчики для домашньої автоматизації. LoRa працює в неліцензованих радіочастотах (для України це частотний діапазон у 433 МГц), тому для використання цієї технології немає потреб отримувати будь-які ліцензії від державних установ, які регулюють розподіл радіочастот.

LoRa використовує технологію розширення спектра з доповненням CSS (chirp spread spectrum). Розглянемо різні види модуляції в порівнянні з LoRa:

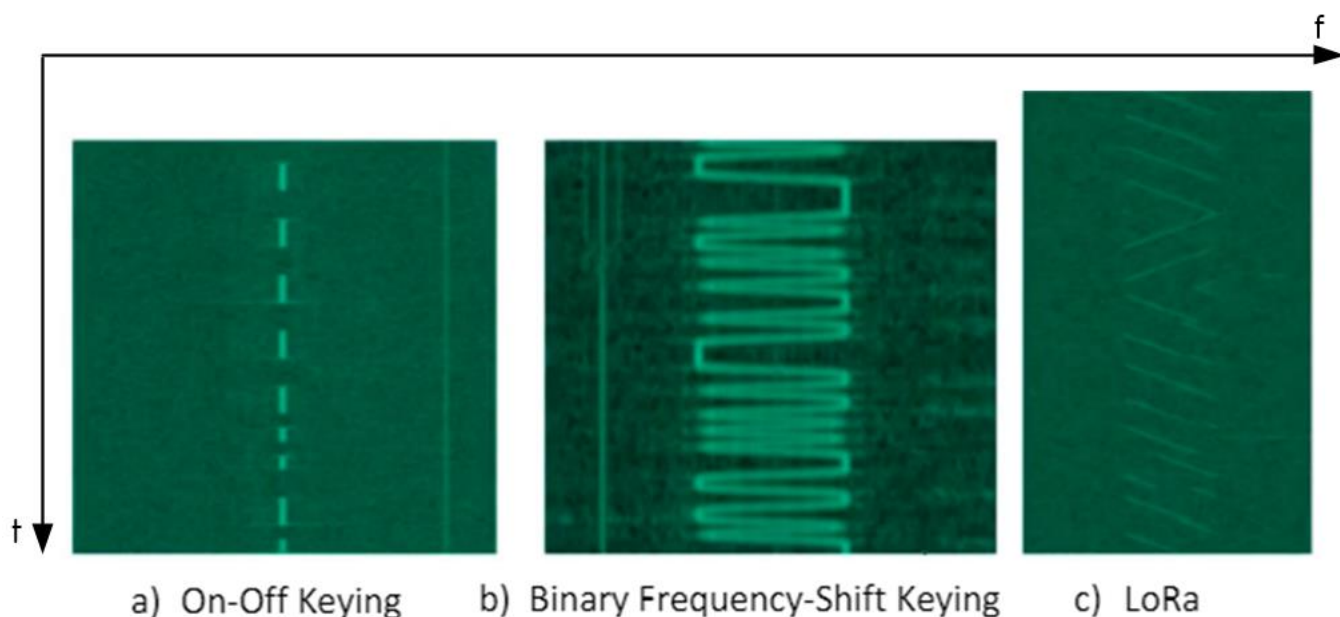


Рисунок 3.13 – Порівняння спектрів сигналу за різних модуляцій

На цьому рисунку на осі  $X$  представлена частота, по осі  $Y$  зверху вниз час, товщина ліній представляє потужність сигналу.

Розглянемо кожний вид модуляції окремо. На рисунку 3.13а [4] представлено найпростіший вид модуляції. Передача даних йде на одній частоті, в моменти коли потрібно передати логічну «1» передавач випромінює радіосигнал, коли передаємо «0» передавач не працює. Назва цього методу On-Off keying, або модуляція включено-вимкнено), майже не застосовується через свою неефективність. На рисунку 3.13б показана бінарна частотна модуляція. Передавач працює між двома частотами, які умовно декодуються на частоту «0» та частоту «1». Цей вид модуляції має розширений спектр, тому він набагато завадостійкіший ніж On-Off Keying. Але його недоліком є більша витрата енергії. На рисунку 3.13с представлена модуляція CSS, яка використовується в LoRa приймачах-передавачах. Сигнал передається у вигляді лінійно змінюваної частоти. Спочатку йде синхронізація, яка складається з кількох лінійних переходів з меншої частоти до більшої, потім два переходи з більшої в меншу частоту символізують закінчення синхронізації та початок передачі даних. Після цього йде поле інформації, яке складається з переривистих ліній. Ці лінії називаються чірпами ( від англ. chirp – щебетати ), та представляють собою відрізки спектру зі змінюваною в часі частотою.

Розглянемо декодування сигналу:

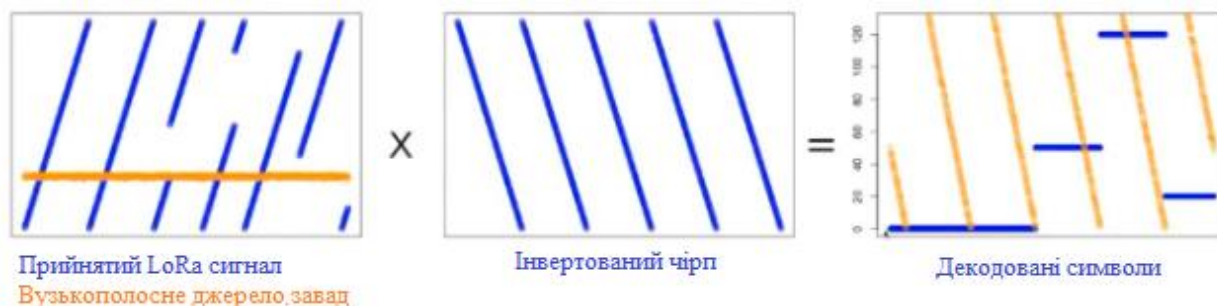


Рисунок 3.14 – Декодування сигналу

Зліва показано сигнал, який прийшов на приймач (синім кольором). На середньому зображенні продемонстровано зворотній чіпп-сигнал, який генерується на стороні приймача. Шляхом складання цих двох сигналів на приймачеві ми отримуємо вже декодований сигнал, який зображений на малюнку справа.

Кожний чіпп представляє собою деякий символ, який декодується як послідовність з кількох біт. Таким чином при декодуванні отримується сигнал з константною частотою на певному проміжку часу. Горизонтальні лінії на декодованому малюнку називаються символи. Можливо отримати до 256 символів по 8 біт в вхідному чіппі.

### 3.8 Мікроконтролер MSP430FR

Для того щоб зв'язати датчики освітленості, температури та вологості, модуль використаємо контролери MSP430FR2475 та MSP430FR2000. MSP430FR2475 використовується в ролі головного контролера кімнати да за допомогою нього організовується зв'язок з центральним контролером та датчиками в шині RS-485. Контролер MSP430FR2000 використовується як контролер, який зв'язує датчики з шиною RS-485.

Для можливості оцінки контролерів Texas Instruments випустила плату відлагодження, яка дозволить швидко та зручно протестувати необхідні в роботі ідеї. На рисунку 3.16 зображено плату відлагодження.



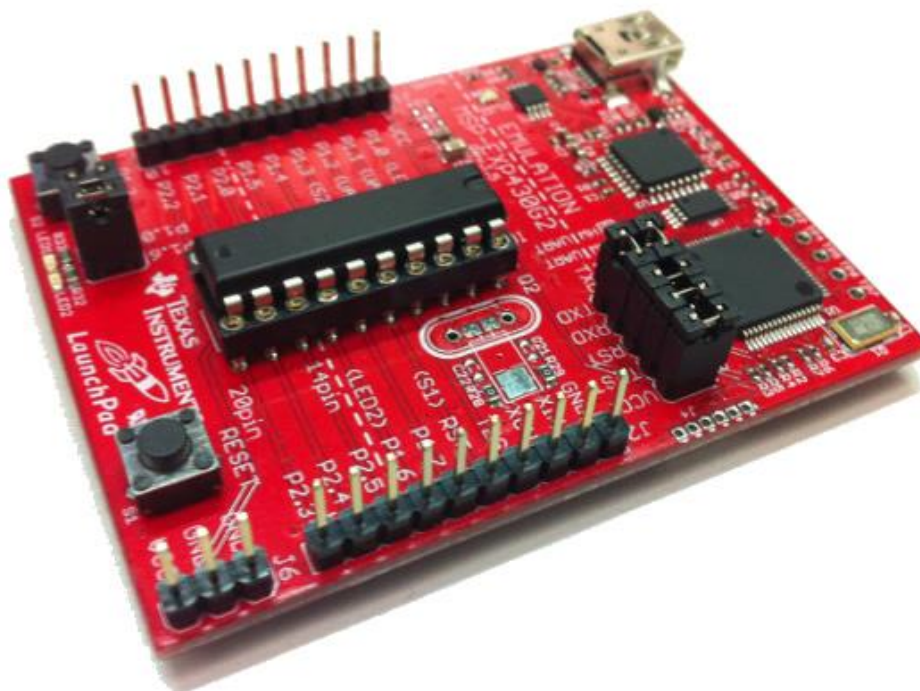


Рисунок 3.15 – Плата відлагодження MSP430 LaunchPad

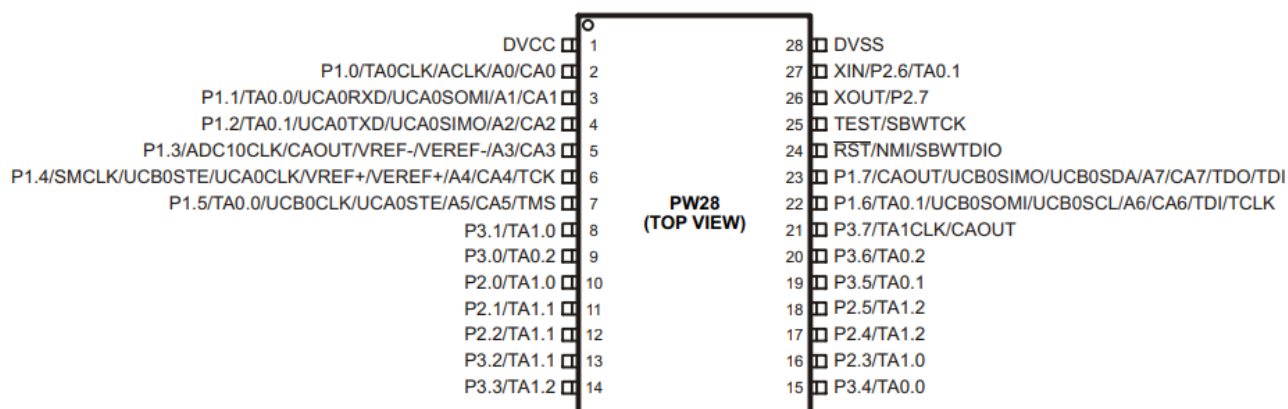


Рисунок 3.16 – Зображення виводів та інтерфейсів мікроконтролера MSP430FR2475

За допомогою цієї плати можна познайомитися з функціоналом необхідних мікроконтролерів, навчитися працювати з ними та розробляти макети приладів.

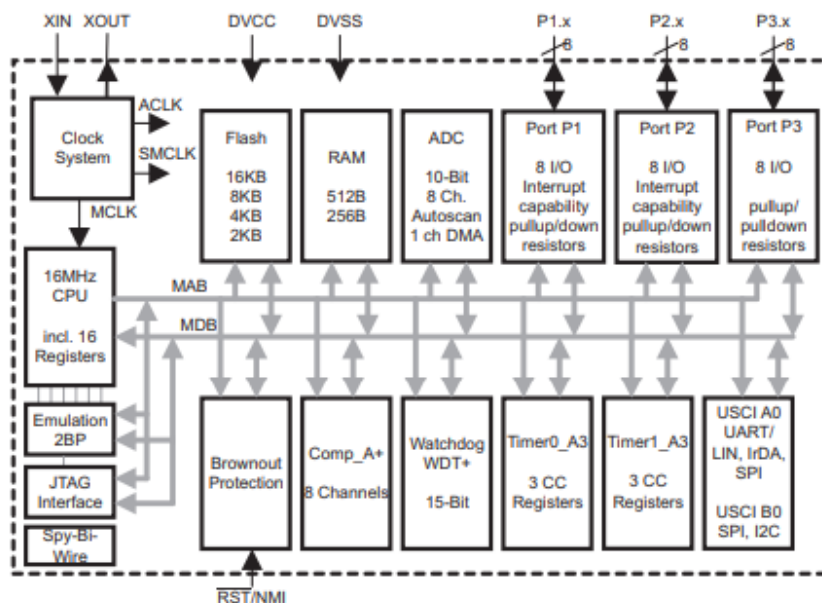


Рисунок 3.17 – Функціональна діаграма мікроконтролера MSP430FR2475

### 3.9 Датчики газу

#### 3.9.1 Датчик CO MQ-7

Датчик електрохімічний MQ-7 є недорогим рішенням для використання в нашій системі. Він використовується виключно для вимірювання щадного газу в повітрі. Використання датчика є дуже необхідним, тому що щадний газ є небезпечним для нашого здоров'я. Щадний газ утворюється при повільному горінні (тлінні) з нестачею кисню. Наприклад, в будинку сталося невеличке загоряння без диму та вогню, але тліє ковдра, матрац або інший елемент побуту. Датчик диму не зможе впізнати загоряння, але за підвищеної концентрації CO можна буде з легкість розпізнати пожежу. На рисунку 3.18 представлено датчик газу[7].



Рисунок 3.18 – Датчик чадного газу

Характеристики:

- детектуємий газ : чадний газ;
- споживана потужність: 115 мВт;
- концентрація виявлення газу: 10 – 950 часток на мільйон;
- діапазон робочих температур: від -15 до 60 градусів;
- максимальна робоча вологість: 95%.

### 3.9.1 Датчик CO<sub>2</sub> МН-Z14А

Вуглекислий газ є продуктом горіння органічних речовин. За допомогою датчика вуглекислого газу можна запобігти пожежі подавши сигнал тривого, завчасно викликавши рятувальників та евакуювавши людей з приміщення. Датчик МН-Z14А відноситься до класу недиспергуючих інфрачервоних аналізаторів. Розглянемо принцип роботи такого датчика.

Недеспергуючий позначає відсутність в датчику прилада, який розкладає спектр випромінювання. Датчик складається з наступних частин: джерело з інфрачервоним випромінюванням, камера з вимірюваною речовиною, світловий фільтр та детектор інфрачервоного випромінювання. Принцип дії цього датчика тісно зв'язаний з так званим «парниковим ефектом». Молекули вуглекислого газу поглинають інфрачервоне випромінювання. Датчик порівнює надіслане та отримане випромінювання та видає відповідний сигнал на обчислювальний прилад, який за вихідною величиною аналізує концентрацію газу в повітрі.

В датчику встановлений інфрачервоне джерело з світлофільтром, який пропускає лише ті довжини хвиль, які можуть бути поглинуті молекулами вуглекислого газу. В ідеальних умовах інші молекули не поглинають ці хвилі та не зменшують кількість фотонів, які проходять через камеру детектора. Поглинання вуглекислим газом здійснюється в діапазоні довжин хвиль у 4.19 мкм, 2.8 та 12 мкм. На рисунку 3.21 зображено датчик вуглекислого газу.

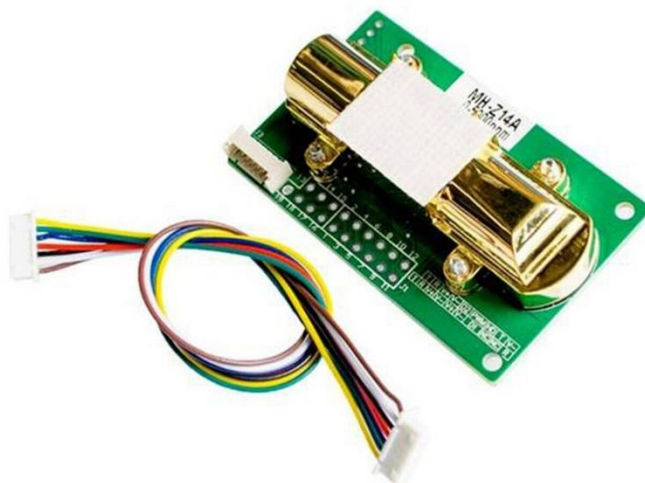


Рисунок 3.19 – Датчик вуглекислого газу MH-Z14A

### Характеристики:

- живлення: 5 вольт;
- споживаний струм: 50 мА;
- інтерфейс зв'язку: UART;
- робоча температура : від -5 до 55 градусів;
- діапазон робочої вологості: до 90% за умови відсутності конденсату;
- строк експлуатації: 6 років.

### 3.10 Драйвер електрохімічного датчика LPM91000

Мікросхема LPM91000 – це програмована мікросхема з аналоговими виходами, яка використовується в системах з електрохімічними сенсорами з низьким споживанням енергії. Вона забезпечує повний шлях даних між датчиком та мікроконтролером. LPM91000 підтримує чисельні електрохімічні газові сенсори та сенсори з гальванічними чарунками. На рисунку 3.22 представлена структурна схема мікросхеми LPM91000 [19].

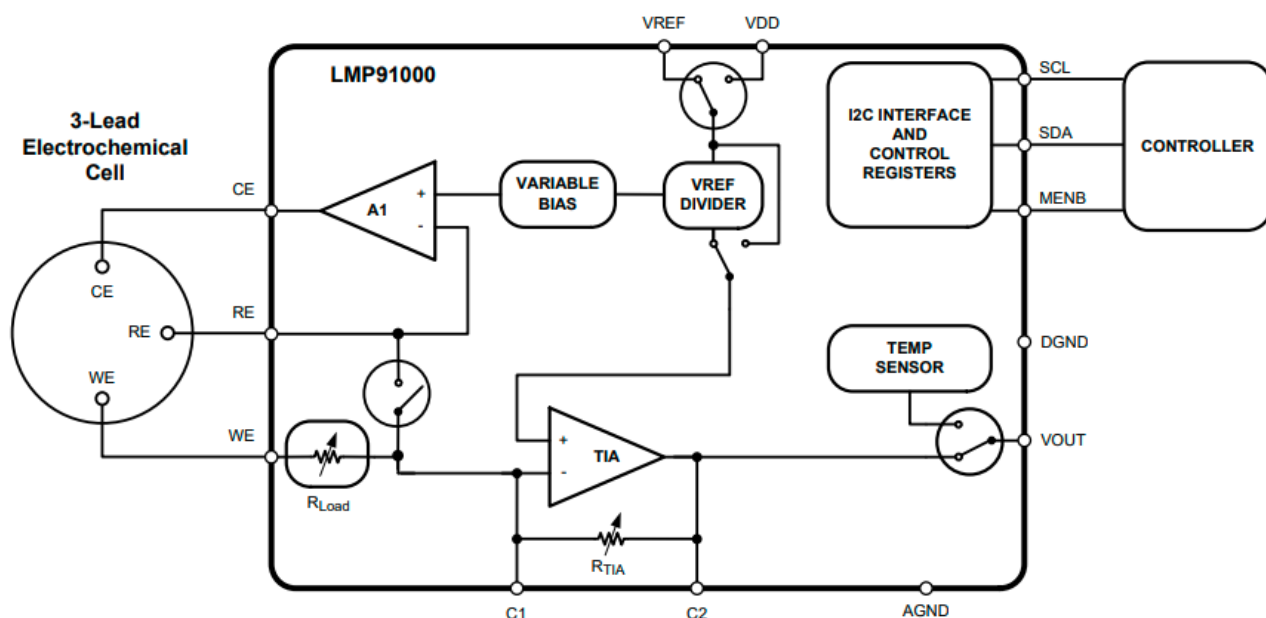


Рисунок 3.20 – Структурна схема мікросхеми LPM91000

Характеристики:

- робоча температура: 25 градусів;
- напруга живлення: від 2.7 до 5.5 вольт;
- струм живлення: 10 мА;
- інтерфейс :I2C;
- низькі відхилення передаваної напруги.

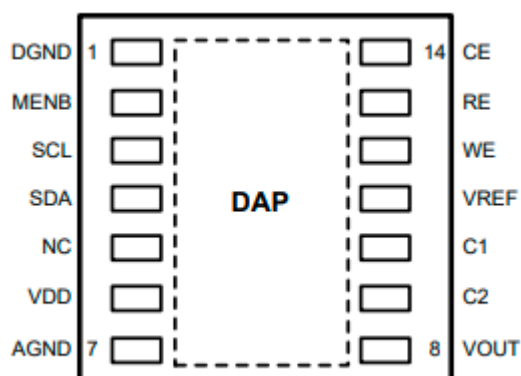


Рисунок 3.21 – Цоколь мікросхеми

### 3.9 Висновки щодо огляду комплектуючих

В основі системи використовується потужний мікроконтролер MSP432P401R, який обробляє сигнали, які поступають до нього з датчиків, та утворює керуючий вплив на виконавчі прилади. Він є дуже енергоефективним, має невелику вартість та поставляється для розробників у спеціальних платах, щоб оцінити його функціонал до оптової закупівлі.

Також в цій розробці використовуються датчики для заміру необхідних параметрів навколишнього середовища, які пов'язані як напряму з контролером, так і за допомогою бездротового інтерфейсу.

## 4 ОПИС ПЕРИФЕРІЙНИХ МОДУЛІВ КОНТРОЛЕРА

### 4.1 Послідовний інтерфейс вводу/виводу (GPIO)

Інтерфейс GPIO – це спеціальний логічний інтерфейс, який дозволяє посылати або виводити сигнали мікроконтролера напряду через його виводи.

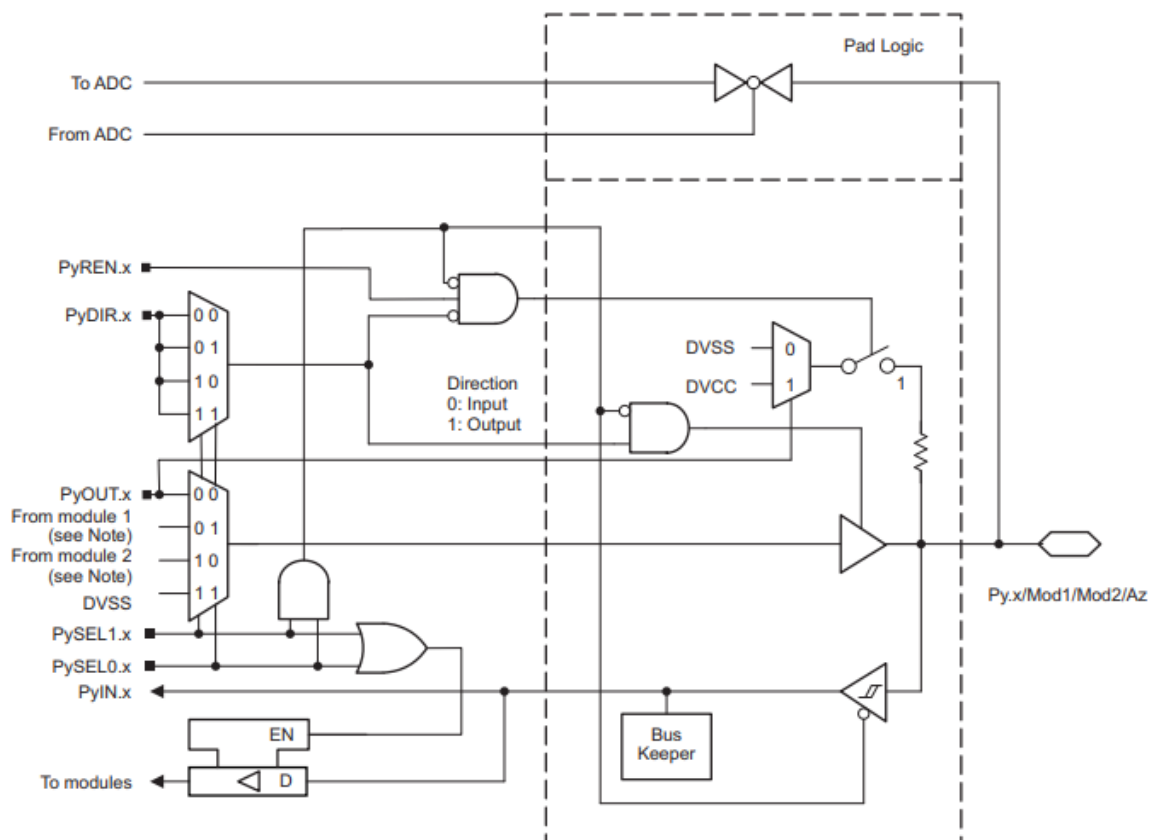


Рисунок 4.1 – Порт GPIO

Завдяки перепрограмованій логіці можна задати кожному GPIO контакту контролера спеціальну функцію ( працювати як вхід, вихід, або виводити на цей пін якусь альтернативну функцію, наприклад ШИМ або вхід АЦП) (рисунок 4.1) [17].

### 4.2 Аналого-цифровий перетворювач

АЦП – це пристрій, який може перетворювати аналоговий сигнал (напругу) в двійковий код.

АЦП складається з паралельного каскаду компараторів, на неінвертуючий вхід яких поступає сигнал з датчика, а на інший вхід подається опорна напруга. Якщо сигнал з датчика є меншим за опорну напругу на виходи компаратора отримуємо 0, якщо більша, то 1. Після цього ці данні передаються до перетворювача кодів, який декодує сигнал в двійковий код. Наш АЦП має 14 розрядів, що дозволяє йому ділити вхідний сигнал на 16384 рівня (рисунок 4.2) [17].

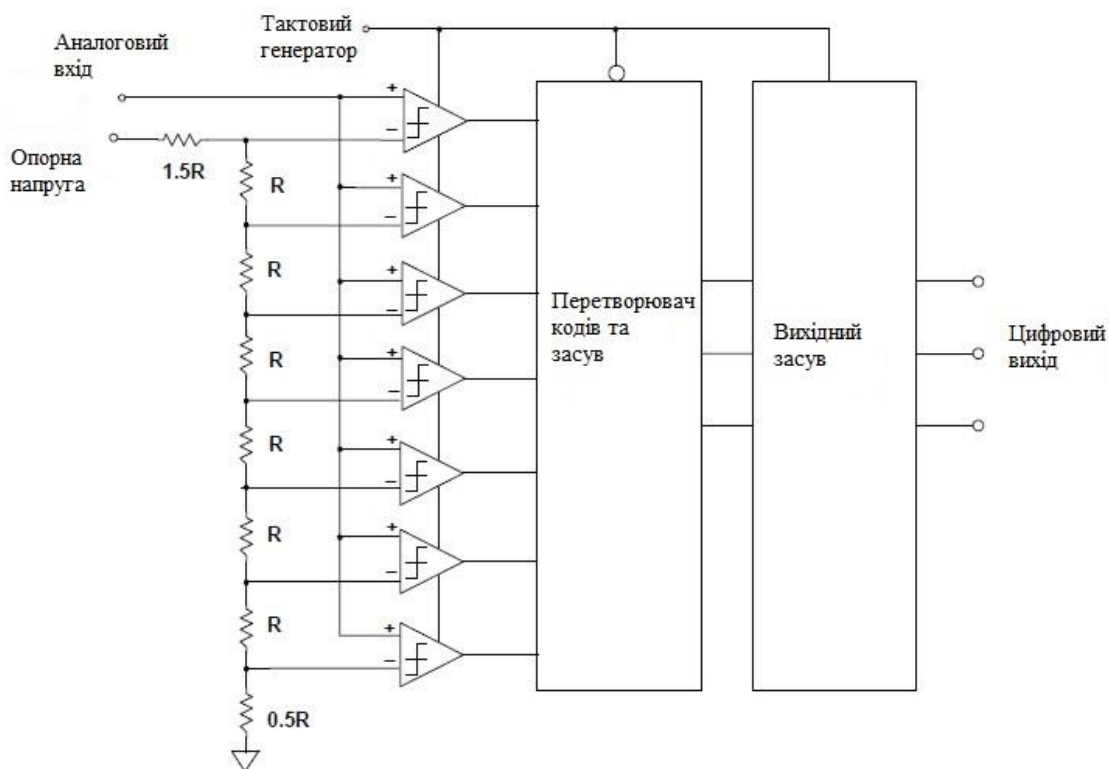


Рисунок 4.2 – Структура АЦП

Мікроконтролер MSP430FR2475 є 12 каналним, з яких:

- 10 аналогові входи загального користування
- 2 внутрішніх входи, які апаратно використовуються для заміру температури чіпа, та живлення

Керується через спеціальний регістр  $ADC14MCTLx$ , де  $x$  (0 ... 32) .

Бітове поле  $ADC14VRSEL$  регістрів  $ADC14MCTLx$  використовується для вибору опорної напруги , яка може буди як внутрішньою ( $V_{in}$ ), а також і зовнішньою ( $V_{out}$ ).

На таблиці 4.1 зображена відповідність значення бітового поля до обраної опорної напруги[17].



Таблиця 4.1 – Бітові поля та відповідні їм опорні напруги

REFVSEL	00	1.2V
REFVSEL	01	1.45V
REFVSEL	11	2.5V

АЦП може обирати джерела тактування: ACLK, MCLK, MODCLK, HSMCLK, SYSCLK, SMCLK. Завдання цих джерела здійснюється бітовим полем ADC14SSEL Контрольного регістру ADC14CTL. Якщо обрана частота є надвисокою, її можна зменшити, використовуючи внутрішній дільник частоти ADC14PDIV. Для отримання більш низьких показників частоти можна переділити частоту ще раз за допомогою регістра ADC14DIV. Взагалі можна зменшити частоту від 2 до 256 разів.

АЦП може працювати в режимах різної розподільної здатності ( 8, 10, 12 та 14 біт). Для цього потрібно пройти 9, 11, 14, 16 періодів синхросигнала ADC14CLK. АЦП може бути увімкнено як по програмі, так і по зовнішньому збуренню. Для цього в контрольному регістрі ADC14CTL потрібно встановити бітове поле ADC14SHS (таблиця 4.2) [17] відповідно до таблиці, наведеної нижче. АЦП може почати свою роботу, коли на одному з виходів таймера ми отримаємо високий рівень. Це зроблено для того, щоб можна було в певний момент часу робити вибірку значень з АЦП, що підвищує точність отриманих значень.

Таблиця 4.2 – Джерела пуску АЦП

ADC14SHSx(29...27 біти)		Джерела пуску
Десяткова система	Двійкова система	
0	000	Програмно(ADC14SC)
1	001	TA0_C1
2	010	TA0_C2
3	011	TA1_C1
4	100	TA1_C2
5	101	TA2_C1
6	110	TA2_C2
7	111	TA3_C1

Вносимо значення тактування одного періоду в бітове поле ADC14SHT регістра ADC14CTL[16].

Модуль АЦП виконує двокрокове опрацювання сигналу:

- сигнал зчитується та захоплюється блоком Sample and Hold. Після цього цей сигнал під'єднується до внутрішнього малоємнісного конденсатора, для того, щоб той набрав заряд з напругою даного сигналу.
- після цього аналоговий сигнал від'єднується від конденсатора та подається на вхід декодуєчого пристрою. Заряджання конденсатора розтягує процес декодування, необхідний АЦП для цієї роботи.

Таблиця 4.3 – Можлива затримка АЦП у тактах

ADC14SHT1x		Довжина вибірки
Десяткова	Двійкова	
0	0000	4
1	0001	8
2	0010	16
3	0011	32
4	0100	64
5	0101	96
6	0110	128
7	0111	192

Затримка використовується для того, щоб утворити певну часову послідовність отримання сигналів з датчиків. Це важливо, коли велика кількість датчиків одночасно під'єднана до АЦП, та обробка сигналу займає велику кількість часу (таблиця 4.3) [17]. Для того щоб вибрати певний режим перетворення АЦП, використаєм бітове поле ADC14CONSEQ контрольного регістру(таблиця 4.4) [17].

Таблиця 4.4 – Режими перетворення

ADC14CONSEQx		Режим перетворення ADC14
Десяткова	Двійкова	
0	00	Разове одноканальне перетворення
1	01	Послідовність каналів ( авто сканування)
2	10	Повторюване одно канальне перетворення
3	11	Повторюване багатоканальне перетворення

АЦП має 32 регістри ADC14MEM для зберігання отриманих значень[17].

### 4.3 Таймер – лічильник

ШІМ – це періодичний сигнал який складається зі змінюваною в періоді довжиною імпульсу. Часто використовується для керування потужністю електроприладів.

Розглянемо ШІМ генерацію на мікроконтролері MSP430FR2475.

#### 4.3.1 Модуль Timer\_A

Таймер – це спеціальний периферійний прилад, який застосовується для генерування точних проміжків часу або підрахунку надходячих імпульсів. В мікроконтролері MSP432P401R є 2 таймера загального призначення. Кожний таймер

може генерувати по 4 ШИМ сигнали або підраховувати сигнали від 5 джерел. Timer\_A має спеціальні регістри для програмування.

Timer\_A підтримує наступні функції:

- 16-бітний таймер-лічильник
- апаратні виводи ШИМ
- 5 регістрів захвату/порівняння
- широкий вибір тактуючих джерел
- режими роботи: підрахунок вгору, підрахунок вниз, підрахунок вгору-вниз, зупинитись

#### 4.3.2 Архітектура таймера

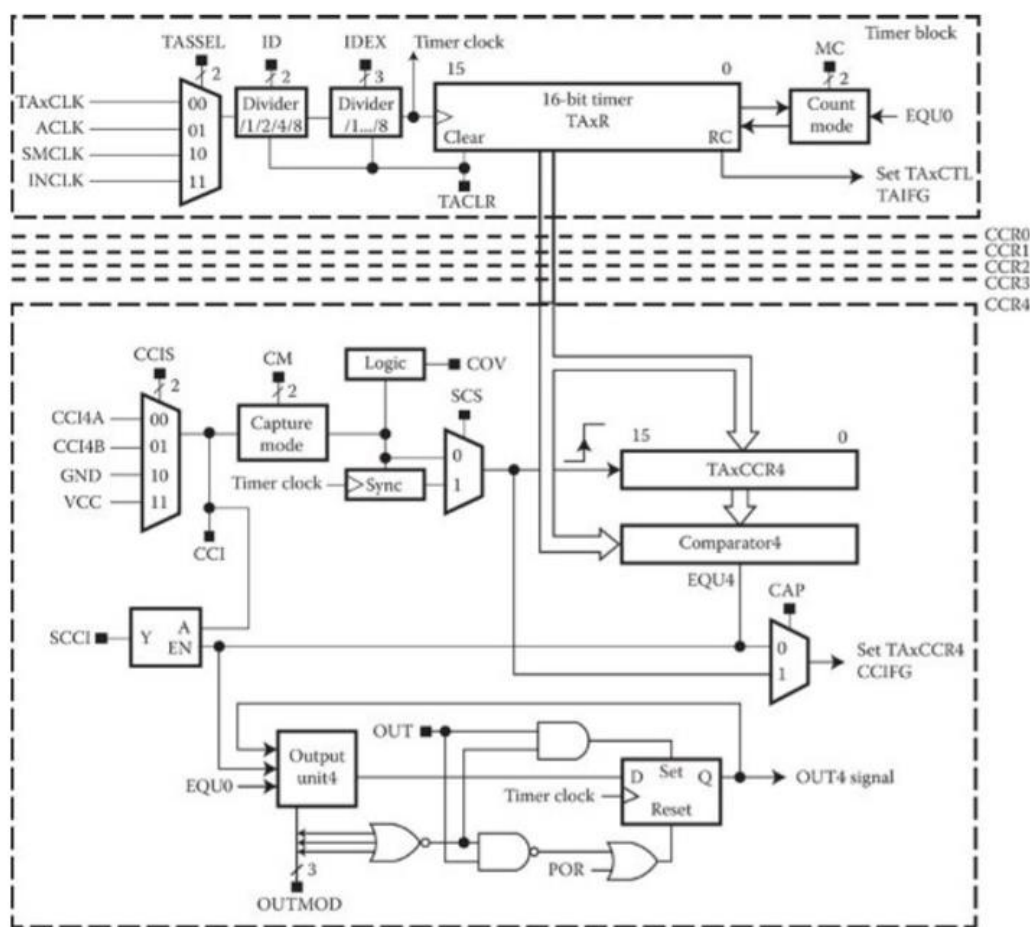


Рисунок 4.3 – Внутрішня архітектура Timer\_A

Кожний модуль Timer\_A має власний регістр, в якому зберігається кількість пройдених або тактів які залишилися (TA0R , TA1R , TA2R , TA3R ). Штрих-пунктирною лінією позначені можливі розширення додатковими блоками захвату/порівняння в різних модифікаціях процесорів.

В кожному блоці є свій власний контрольний регістр TACTL, регістр підрахунку тактів TAR, та для кожного регістру захоплення/порівняння є свій контрольний регістр TACCTL та відповідний регістр для зберігання значень TaCCR.

Таймер може працювати в 4 різних режимах підрахунку імпульсів. Режим задається бітовим полем MC регістра TACTL (рисунок 4.3) [16].

- режим СТОП – таймер припиняє роботу
- режим рахунку від 0 до значення в регістрі TACCR
- режим безперервного підрахунку – таймер рахує від 0 до 0xFFFF
- рахування вгору-вниз – таймер рахує від 0 до значення записаного в регістр TACCR та знову до 0.

#### 4.3.3 Контрольний регістр таймера Timer\_A

Розглянемо контрольний регістр TACTL (рисунок 4.4) [15].

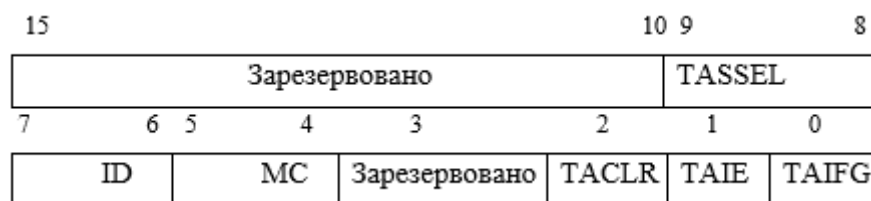


Рисунок 4.4 – Регістр TAхCTL

Таймер може тактуватися від різних джерел, вибір тактуючого сигналу обираємо бітовим полем TASSEL (рисунок 4.4) [15].

Тактування таймера:

- ACLK. Осцилятор ACLK обирається між зовнішнім 32кГц XTAL або внутрішнім 10 кГц VLO;
- MCLK. Знімається з зовнішнього височастотного кварцового резонатора XTAL або DCO;

Таблиця 4.5 – Опис бітових полів регістра TACTL

Біт	Поле	Тип	RESET	Функції
15:10	Reserved	RO	0	Reserved
9:8	TASSEL	RW	0	Вибір тактового генератора: 00: TAxCLK; 01:ACLK; 10:SMCLK; 11:INCLK
7:6	ID	RW	0	Подільник частоти: 00: +1; 01:+2; 10:+4; 11:+8
5:4	MC	RW	0	Режим роботи 00: зупинка; 01:рахування вгору; 10:безперервне рахування; 11:рахування вгору та вниз
3	Reserved	RO	0	Reserved
2	TACLR	RW	0	Очистка Timer_A: При встановленні цього біта скидається TAxR, подільник частоти, напрямок рахування
1	TAIE	RW	0	Дозвіл переривань: 0: заборона переривань; 1: дозвіл переривань
0	TAIFG	RW	0	Флаг очікування переривання: 0: немає очікування переривання; 1: очікування переривання

#### 4.3.4 Шпаруватість

Шпаруватість – це відношення, яке характеризує наповненість одного періоду сигналом високого рівня. Шпаруватість вказується у відсотках та пропорційна роботі, яка виконується електричним струмом.

#### 4.4 Універсальний асинхронний приймач-передавач

Універсальний асинхронний приймач/передавач – спеціальний послідовний протокол зв'язку фізичного рівня, який часто застосовується в мікроконтролерній техніці для передачі або прийому повідомлень від інших вузлів. Для реалізації цього протоколу потрібна окрема або інтегрована в чіп мікросхема. З одного боку вона пов'язана з шиною даних, з іншого з контролером. UART протокол є більш простою формою COM – порту. UART не має ліній синхронізації, тому швидкість передачі даних повинна бути однаковою в обох пристроях в лінії зв'язку. Стандартною швидкість обміном даних є швидкість 115200 бод. Пояснимо принцип передачі одного байту:

- в режимі мовчання лінія передачі даних має високий рівень
- перехід із високого рівня «1» в низький «0» сигналізує мікросхемі про початок прийому. Перший нульовий біт називається «СТАРТ БІТ»
- кадр передачі може містити від 7 до 8 біт даних та 1, 1.5 або 2 «СТОП БІТА»

В мікроконтролера TI серії MSP використовується ідентичні модулі UART. Кожний складається з наступних компонентів:

- механізм переривання UART
- вибір тактуючого пристрою та частоти;
- блок передачі даних;
- блок приймання даних.

На рисунку 4.5 зображено функціональну схему модуля передачі даних [20]. Обидва елементи прийому та передачі даних містять буфер прийому-передачі даних и регістр зсуву. Ці операції керуються за допомогою відповідних бітів регістра UCAxCTLW0. Вибір джерела тактування представлений чотирма можливими варіантами:

- UC0CLK;
- ACL;
- SMCLK (дублювання).



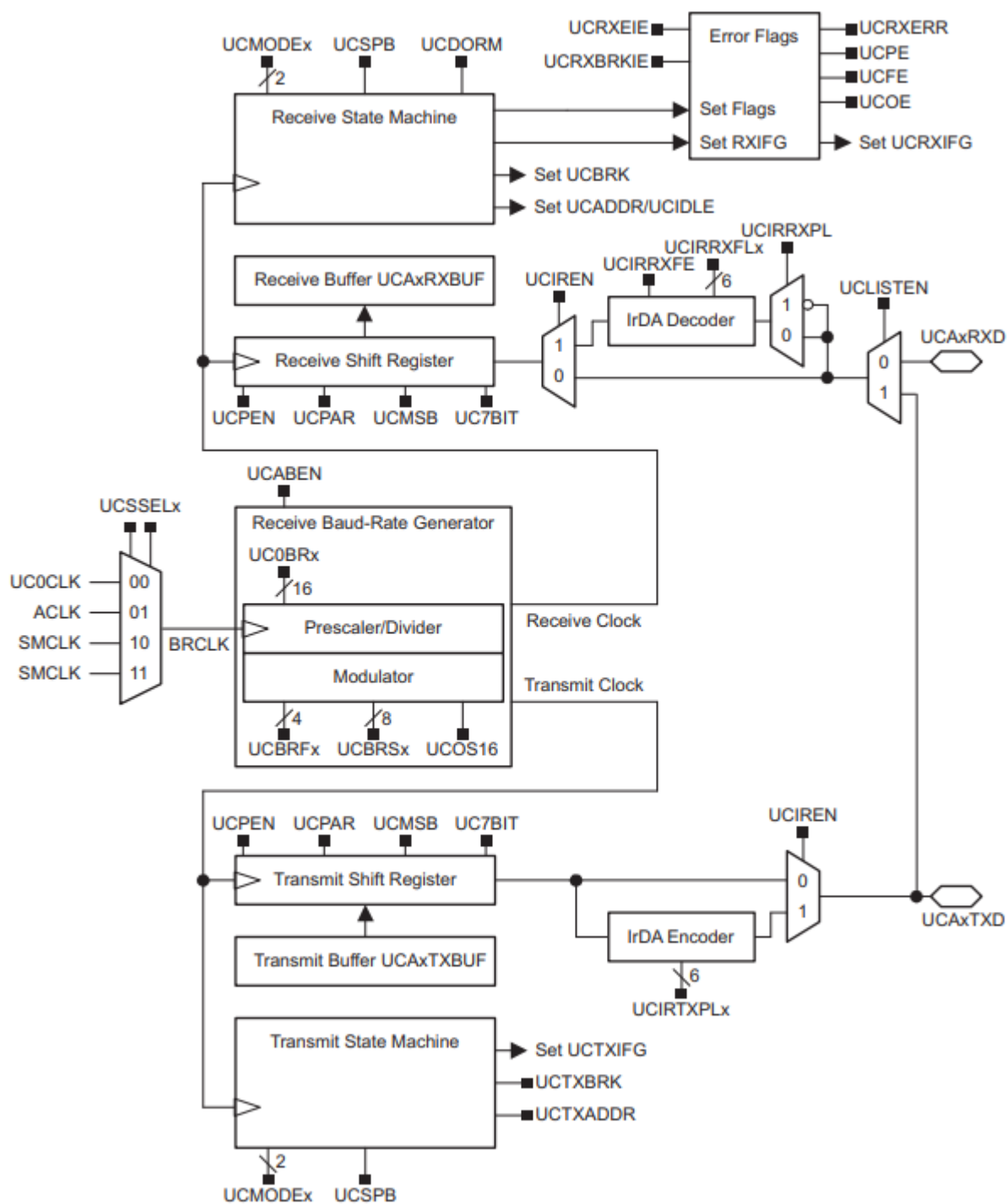


Рисунок 4.5 – Модуль eUSCI\_A

## 4.5 I<sup>2</sup>C (Inter Integrated Circuit)

I<sup>2</sup>C – послідовний протокол зв'язку фізичного рівня, як і UART часто вживаний для передачі даних між вузлами системи, але на відміну від UART на одній лінії даних може знаходитися до 127 пристроїв одночасно. I<sup>2</sup>C має дві лінії зв'язку: лінія даних та лінія тактування. Обидві вони підтягуються резистором до напруги живлення.

В мікроконтролері MSP432P401R є 4 модулі I<sup>2</sup>C . Вони можуть працювати як в режимі ведучого так і відомого для передачі або отримання інформації по шині. Усі учасники обміну даними по цій шині мають свої унікальні 7 або 10-бітні адреси, в залежності від моделі мікросхеми.

У кожному ведучому або веденому модулі I<sup>2</sup>C є можливість провести ідентифікацію за унікальною адресою. Ведучий пристрій ініціює передачу даних та надсилає до веденого пристрою сигнал про передачу даних по лінії SCL (рисунок 4.6) [16].

Розглянемо основні компоненти які застосовуються в кожному режимі

- джерело синхронізації;
- лінія даних;
- лінія тактування.

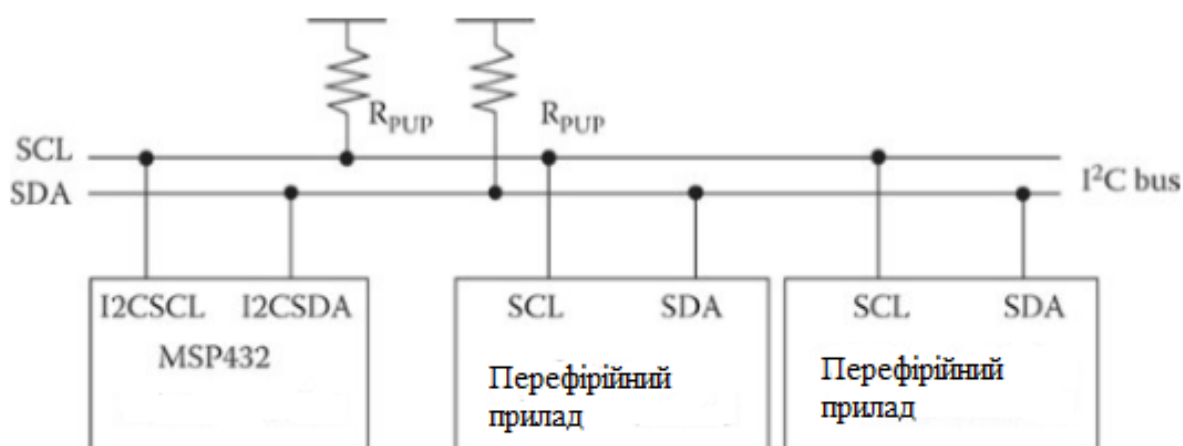


Рисунок 4.6 – Функціональна схема підключення різних приймачів-передавачів до шини I<sup>2</sup>C

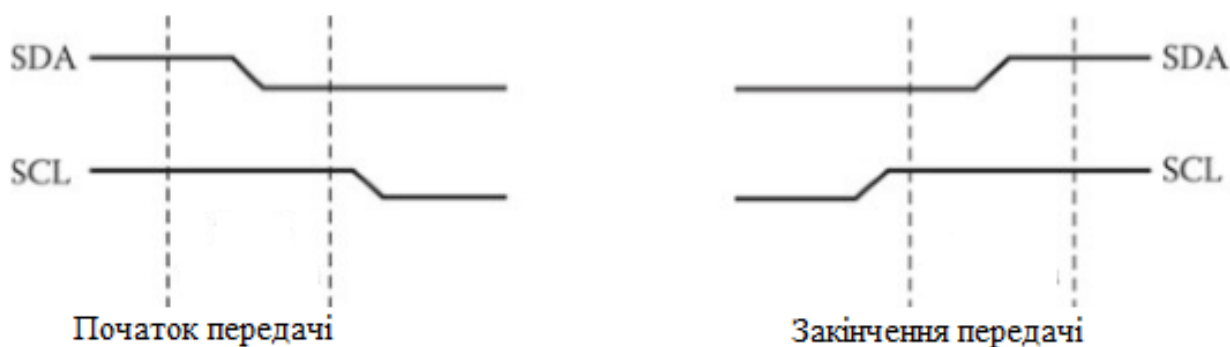


Рисунок 4.7 – Сигнали на лініях даних та тактування на початку та в кінці сеансу зв'язку

Після сигналу про початок передачі даних, першими даними по лінії зв'язку йде адреса приймача повідомлення. Всі вузли прослуховують цю адресу та порівнюють зі своїм. Якщо збігу не сталося, вони не дозволяють прийому даних. Пристрій з необхідною адресою приймає дані та відправляє у відповідь повідомлення про прийом даних та контрольну суму за необхідністю. Тактування лінії зв'язку здійснюється виключно ведучим вузлом. Також ведучий передавач може ставати веденим приймачем, та навпаки.

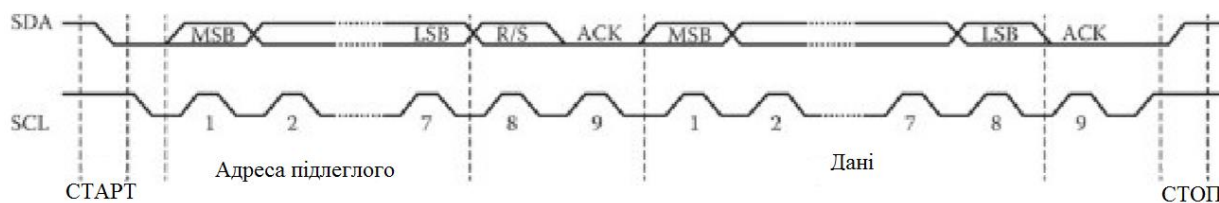


Рисунок 4.8 – Кадр I<sup>2</sup>C

## 5. ОПЕРАЦІЙНА СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

### 5.1 FreeRTOS

FreeRTOS – це операційна система жорсткого реального часу, розроблена спеціально для вбудованих систем та оптимізована на чисельну кількість платформ. Застосовується на мікроконтролерах не залежно від їх швидкодії. Для функціонування ОСВР необхідно до 9 кілобайт в пам'яті, залежно від платформи. Так як звичайний програмний код в мікроконтролерах прийнято виконувати в нескінченному циклі, при некоректній роботі якогось блоку коду вся система може бути паралізована ( наприклад в коді утвориться нескінчений цикл, після якого виконання програми буде назавжди призупинено), для запобігання таких випадків краще всього використовувати ОСРВ, так як ОСРВ виконують певні задачі в певний проміжок часу, та у випадку програмного збою некоректним буде виконання лише певної задачі, при цьому інші задачі будуть виконуватися коректно і надалі.

Характеристики ОСРВ FreeRTOS:

- Підтримка багатозадачності;
- Невеликий розмір ядра ( 4 – 9 кбілобайт);
- Ядро написано на С;
- Підтримка задач та співпрограм;
- MPU;
- Можливість використання без отримання будь-яких ліцензій в системах з закритим початковим кодом;

Функції, які повинні виконуватися, поміщаються в задачі. В ОСРВ задачі виконуються лише певний час з певною періодичністю. За виклик окремих задач відповідає планувальник задач. Це частина операційної системи реального часу, яка відповідає за виконання окремої задачі в певний часовий проміжок.

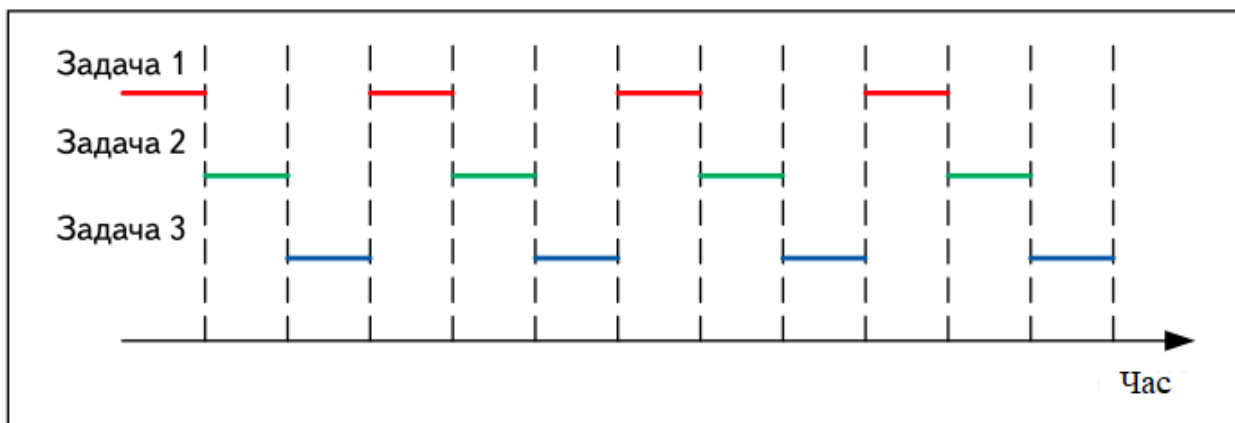


Рисунок 5.1 – Розподіл часу між задачами

Розглянемо приклад переключення контексту виконання між задачами з рисунку 5.2.

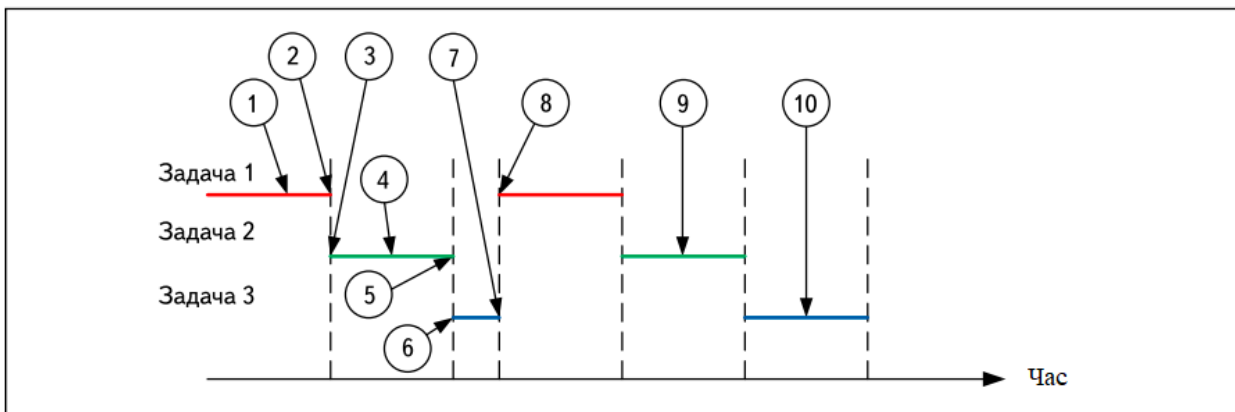


Рисунок 5.2 – Зміна контексту виконання між задачами

Для виконання задачі 1 планувальник задач виділяє певний проміжок часу. В момент часу 2 зупиняє виконання задачі 1 та викликає задачу 2, якій також виділяє час для виконання. В момент часу 5 планувальник закінчує виконання задачі 2 та переключає контекст виконання на задачу 3 в момент часу 6. Після закінчення задачі 3 планувальник в момент часу 8 знову викликає задачу 1. Така послідовність дії виконується періодично.

## 5.2 API функції FreeRTOS

Для роботи з задачами використовується наступний набір API-функцій:

- `xTaskCreate` – функція, яка створює нову задачу, виділяє певну кількість пам'яті, визначену користувачем та сповіщає диспетчер задач.

- `vTaskDelete` – видаляє задачу з диспетчера.
- `uxTaskPriorityGet` — функція, яка дозволяє переглянути пріоритет задачі.
- `uxTaskPrioritySet` — функція, яка дає можливість змінити пріоритет задачі в момент виконання.
- `vTaskSuspend` — зупиняє задачу, але залишає її в пам'яті.
- `vTaskResume` — повертає задачу.
- `vTaskDelay(N)` – ця функція переводить задачу в режим очікування на кількість системних тиків, зазначених в аргументі функції.
- `vTaskDelayUntil(N)` — функція є практично аналогічною функції `vTaskDelay(N)`, за винятком, що вона рахує час від попереднього виходу задачі з режиму очікування.

Для роботи з системними таймерами використовується наступні API функції:

- `xTimerCreate` — функція, яка створює таймер.
- `xTimerDelete` — функція для видалення таймера.
- `xTimerStart` — функція для початку роботи таймера.
- `xTimerStop` — функція для зупинки таймера.
- `xTimerChangePeriod` — функція для зміни періода таймера.
- `xTimerReset` — функція, яка обнуляє поточне значення таймера.

### 5.3 Створення задач

Для функціонування нашої програми створимо певні задачі в операційній системі.

Задачі будуть виконуватись з певним періодом. Для нашої системи нам знадобляться 3 задачі для опрацювання даних, одна задача для енергозбереження та одна задача для ініціалізації.

Наприклад створимо задачу яка виконується кожні 50 мс. `OS_Task_50ms`:

```
/* Визначення та створення securityTask */
```

```

osThreadDef(securityTask , OS_Task_50ms, osPriorityNormal, 0, 128);

securityTaskHandle = osThreadCreate(osThread(securityTask), NULL);

void OS_Task_50ms(void const* args)

{

    /*

    Місце для функцій в цій задачі

    */

    OS_Sleep();

    for( ; ; ){

    }

}

```

#### 5.4 Опис алгоритму OCPB

Для роботи операційної системи потрібно обрати таймер мікроконтролера, який може генерувати переривання. В мікроконтролерах серії MSP43X використовується 32 бітний таймер. На рисунку 5.3 представлено його функціональну схему [20].

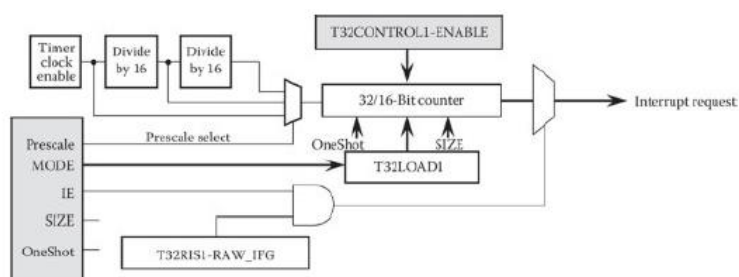


Рисунок 5.3 – Модуль таймера для генерації переривань для OCPB

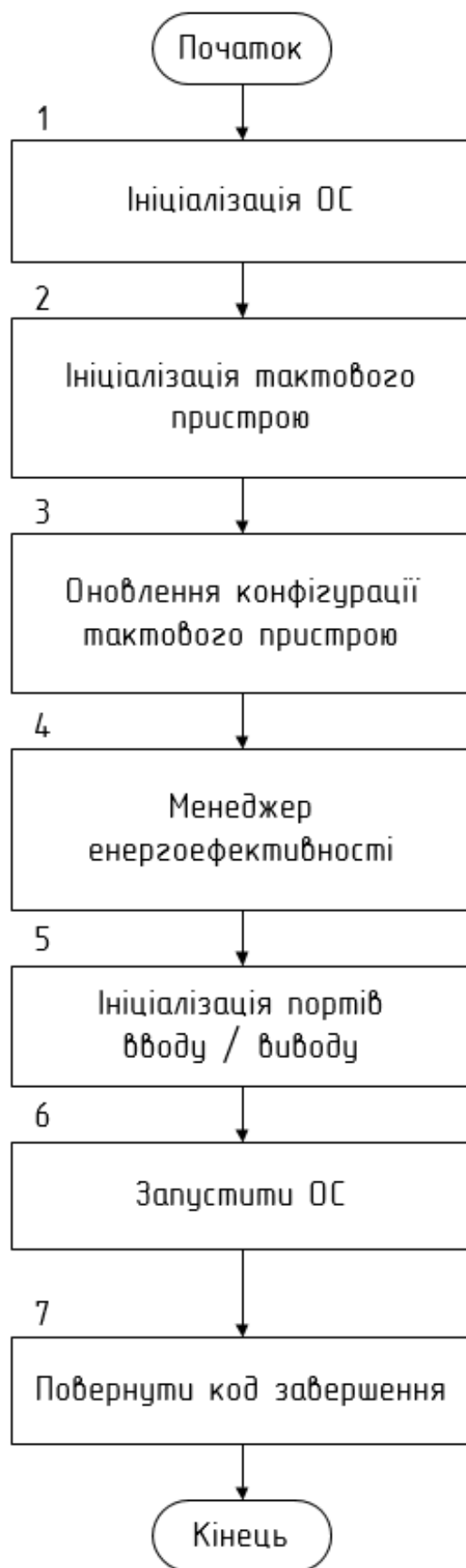


Рисунок 5.4 – Алгоритм ініціалізації контролера



Як розглянуто на рисунку 5.4 представлено алгоритм ініціалізації мікроконтролера. Для роботи операційної системи з необхідною швидкістю на початку потрібно проініціалізувати тактовий пристрій. В ініціалізації тактового пристрою програмується бажана швидкість роботи .

Далі йде завантаження операційної системи, Операційна система виділяє необхідну кількість глобальних змінних для свого функціонування. Після цього операційна система ініціалізує таймер для генерації переривань.

Проініціалізуємо таймер:

```
TIMER32_CONTROL1= TIMER32_CONTROL_SIZE|TIMER32_CONTROL1_MODE;
TIMER32_CONTROL1|= TIMER32_CONTROL_EN|TIMER32_CONTROL_IE;
NVIC_IPR6 = 0x00006000;
NVIC_ISER0 = 0x02000000;
__enable_irq();
```

Після цього кроку створюються 7 задач, які будуть викликатися планувальником операційної системи. Задачі розділяються на допоміжні та основні. Основні задачі можуть викликати допоміжні, але не навпаки. Для оперування функціями, які створив користувач, створюються задачі, які прив'язані до часу. Вони циклічно будуть виконуватися доки система працює та має живлення. Один цикл операційної системи для виконання всіх задач відповідає часу, який виділяється для виконання найчастішої задачі і в нашому прикладі становить 50 мс. Слід зазначити, що час виконання функції в тілі задачі має бути меншим за період виклику задачі, інакше операційна система в примусовому порядку завершить виконання задачі та частка коду, яка виходить за часовий проміжок ніколи не буде виконана.

На рисунку 5.5 представлена послідовність ініціалізації операційної системи.

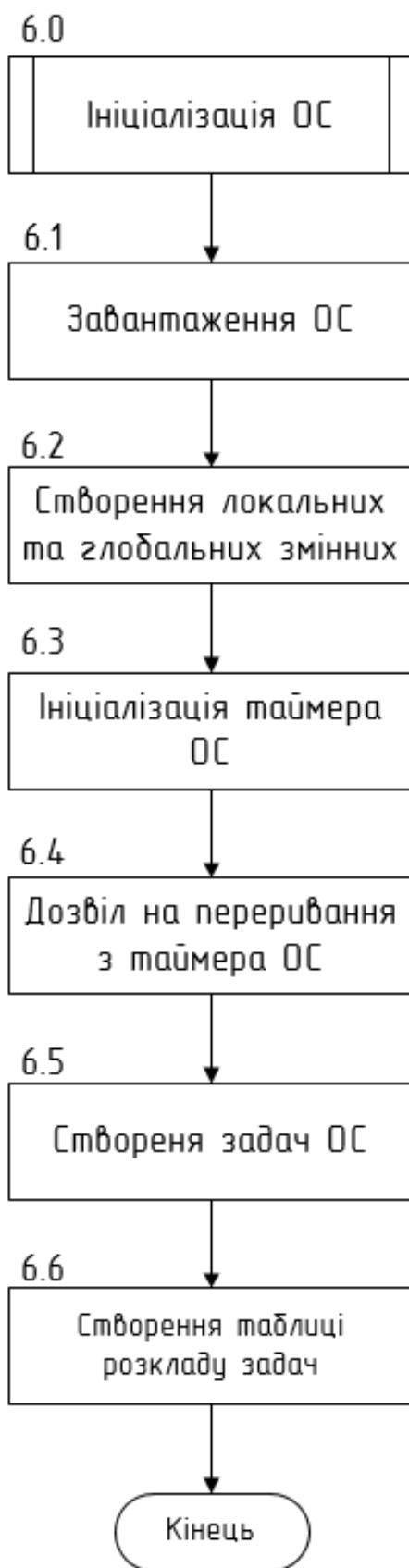


Рисунок 5.5 – Ініціалізація ОСРВ

## 5.5 Висновки щодо використання ОСРВ

Використання операційної системи реального часу дає можливість групувати функції користувача в окремі задачі, які виконуються в певні проміжки часу. До того це підвищує надійність системи та унеможливорює утворення нескінчених циклів. В залежності від портованої системи, операційна система займає до 8 кілобайт пам'яті, але це виправданий ресурс задля кращої гнучкості розроблюваного проекту. Операційні системи реального часу завжди застосовуються в критичних системах, де важливо швидко відкликатися на зміни в системі задля її необхідного функціонування. Розробка власної операційної системи для мікроконтролера є дуже важким заняттям, яке може коштувати більше ніж проект. До того потрібен деякий час на її тестування та портування на платформи. ОСРВ FreeRTOS вже портована на чисельну кількість платформ та завдяки open-source коду доповнюється мільйонами розробників по всьому світу. Її використання є безкоштовним для проектів, вартість одиниці яких менша за сто тисяч доларів. Також слід зазначити гарну швидкодію системи при використанні ОСРВ. FreeRTOS написана на мові програмування C та асемблері, що робить її досить легкою для не дуже потужних систем. Наразі проект активно розвивається та кожні півроку можна завантажити нову версію операційної системи, яка буде мати кращі показники по швидкодії.

## 6 СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СИЛОВОЮ ЧАСТИНОЮ

### 6.1 Керування потужними приборами

Більшість пожеж в квартирах стається через несправну електричну частину приладу або невірне його використання. Наприклад, забутий в розетці чайник з сумнівною системою вимкнення є потенційно небезпечним електроприладом та повинен бути негайно замінений на більш надійний.

Тому в розробленій системі було запропоновано використовувати спеціальний блок керування такими електроприладами..

### 6.2 Технічні рішення

Починаючи говорити про потужні побутові електроприлади, слід зазначити, що вони працюють від напруги 220 або 380 вольт. Тому для надійної комутації ланцюгів з високою напругою на ринку є два різних рішення: це електромагнітне реле або силові транзистори.

#### 6.2.1 Магнітне реле

Реле – це електричний комутуючий пристрій, який, керуючись зовнішнім сигналом, може стрибково комутувати або розривати електричні кола. В основі реле лежить котушка індуктивності, яка керується зовнішнім керуючим сигналом. При протіканні струму через котушку, отримуємо магнітне поле. За допомогою цього поля керуючий контакт може відштовхуватись або притягуватись до контактної групи, тим самим комутуючи її.

Реле було відкрито дуже давно, та за багато років зарекомендувало себе дуже гарно, але воно має суттєві недоліки:

— створює електричну дугу при замиканні високовольтних приладів;

- реле має довгий перехідний процес між двома станами, який називається «брязкіт контактів»
- Наявність в реле котушки індуктивності робить загрозу електричним приладам під час раптового вимкнення, через те що котушка індуктивності, намагаючись зберегти своє магнітне поле, видасть величезний струм, який може пошкодити електроприлад.

### 6.2.2 Силовий транзистор

Транзисторний ключ – це особливий режим роботи транзистора, при якому сигнал з бази (затвору) повністю відкриває перехід колектор-емітер (стік-витік).

Переваги транзистора:

- «холодне» перемикання
- немає рухомих елементів

До недоліків можна віднести іноді великий теплопакет та досить високу керуючу напругу (більш 5 вольт).

### 6.3 Обґрунтування технічного рішення

Для керування потужними електроприладами краще використовувати IGBT-транзистори. Ці транзистори мають велику потужність та досить гарні характеристики: 1000В напруги та струми до 200 А . Використання цього транзистора є ідеальним рішенням для нашого проекту.

### 6.3 Реалізація

Після вибору необхідного набору комплектуючих починаємо розробку силовій схеми.

Для цього виділяємо необхідну кількість виводів контролера ( в нашому випадку їх буде 5 ) та підсилюємо цей сигнал за допомоги пари Дарлінгтона.

Включимо в перелік керованих приладів наступні побутові прилади:

- вентиляція;
- тепла підлога;
- бойлер;
- електрична проводка;
- пральна машина.

Кожний з цих перелічених приладів буде додатково комутуватися за допомогою керуючого впливу контролера на силовий транзистор. Для того, щоб можна було вмикати ці прилади окремо, в системі вибір необхідного приладу буде реалізовано через інтерфейс вводу даних з клавіатури на екран.

Також треба подбати про земляну шину, яка в непередбаченій ситуації може додатково захистити користувача від ураження електричним струмом.

## 7 ОПИС ЗАГАЛЬНОЇ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

В «ДОДАТКУ А» представлено структурну схему всієї системи. Головним блоком в цій системі є центральний блок керування. Він складається з головного контролера та периферійних пристроїв. Має потужне та енергоефективне ядро для обчислення. Блок напряму пов'язаний з головним мікроконтролером та силовим блоком. Силовий блок створює додатковий захист для приборів з великою потужністю. Силовий блок підключений послідовно після автоматів захисту в електрощітку та має можливість відключати та вмикати прилади, тримаючи автомати ввімкненими. Другорядними елементами структури є мікроконтролери в кімнатах. На відміну від центрального контролера, контролер кімнати більш дешевий та менш функціональний, через не важкі задачі, які він повинен виконувати. До того це гарно економить бюджетні кошти. Їх кількість може змінюватись як в залежності від конфігурації квартири або будинка, та й від особистих побажань користувача. В кожній кімнати встановлений свій мікроконтролер, який збирає дані про стан кімнати (температуру, вологість, освітленість, показники з датчиків газу тощо) та за допомогою бездротового інтерфейсу посилає дані на центральний мікроконтролер. В якості бездротового інтерфейсу обрано радіоканал в діапазоні частот 433 МГц в неліцензованій полосі частот. Дані передаються за допомогою інтерфейсу фізичного рівня LoRa, який має гарні показники по енергоефективності, дальності зв'язку та проникаючу здатність.

## 8 ОПИС ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ ВІТАЛЬНІ

В «ДОДАТКУ Б» зображено електричну принципову схему центрального блоку. В якості обчислювального ядра виступає мікроконтролер MSP432P401R. Він пов'язаний шиною даних з усіма елементами схеми. В якості тактового генератора обрано кварцовий резонатор з двома конденсаторами в якості згальжуючих елементів. Він під'єднується до високочастотних тактуючих входів мікроконтролера XTAL1 та XTAL2.

Для забезпечення безперебійної роботи системи, принаймні один раз в сутки мікроконтролер повинен перезавантажуватися, щоб скинути всі адитивні похибки, які могли б накопичуватись впродовж дня. Для цього використовується ланцюг збросу.

Для того щоб мати змогу відправити повідомлення про втручання в квартиру, система оснащена модулем SIM800L. Дані з мікроконтролера передаються на модуль за допомогою АТ-команд надісланих через інтерфейс UART.

Для полегшення взаємодії між користувачем та системою, використовуємо інтерфейс вводу з клавіатури и ЖК-екран для відображення змінених параметрів.

Також на центральному блоці розташовані датчики температури, вологості та освітленості, для регулювання цих параметрів локально в приміщенні, де розташовано центральний контролер.

Для змінення показників освітленості в центральному блоці встановено димер, який регулює освітленість кімнат в квартирі. Дані на димер передаються за допомогою інтерфейсу I<sup>2</sup>C, та виходячи з пакету даних він самостійно виставляє необхідний рівень потужності на необхідну лінію.

Для утворення керуючого впливу на об'єкти в силовому блоці, використовується наступна схема. Якщо необхідний прилад потрібно увімкнути, один вивід мікроконтролера переходить в стан логічної одиниці. Так як в силовому блоці використовуються потужні транзистори з великою напругою керування, сигнал з мікроконтролера потрібно підсилити. Для цього використовується простий підсилювач напруги на базі пари Дарлігтона.



## 9 ОПИС СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ВІТАЛЬНІ

### 9.1 Загальний опис

Для підтримання комфортного та безпечного перебування в приміщенні, була розроблена система керування вітальні, яка складається з керуючого модуля, датчиків та виконавчих механізмів.

Об'єктами керування у вітальні є:

- температура;
- вологість;
- освітленість;
- загазованість( дим, чадний газ );
- вікна та двері .

Для того щоб мати змогу змінювати параметри або відслідковувати зміни у стані перерахованих вище об'єктів нам знадобляться датчики. Датчик дає змогу отримати дані від навколишнього середовища та передати їх на керуючий контролер за допомогою інтерфейсу зв'язку, для того щоб контролер опрацював дані та виробив певний вплив до керуючих пристроїв, з метою досягти бажаного результату керування.

### 9.2 Опис керуючого модуля

Головною задачею було розроблення енергоефективної системи, яка могла б працювати від батарейного живлення щонайменше півтора-два роки. Для цього були використані електронні компоненти з низьким струмом споживання, енергоефективні інтерфейси зв'язку та вбудовані режими енергоефективності мікроконтролера.

Керуючий модуль складається з:

- мікроконтролер MSP430FR2475;
- мікроконтролери MSP430FR2000;
- мікросхеми інтерфейсу RS-485 SN65HVD3082E;
- датчик вимірювання вологості та температури HDC2010;
- датчик освітленості OPT3002;
- датчики Холла TMAG5170-Q1;
- мікросхема аналізатора газу;
- мікросхема аналізатора диму;
- мікросхема аналізатора розбиття скла;
- бездротовий передавач SX1276.

Керуючий модуль здійснює отримання інформацією з датчиками за допомогою дротових інтерфейсів I<sup>2</sup>C та RS-485 та головним модулем за допомогою бездротового інтерфейсу з протоколом зв'язку LoRA.

Для вимірювання температури та вологості використовується датчик HDC2010. Датчик працює лише як ведений пристрій у шині I<sup>2</sup>C. Слід зазначити, що не бажано мати пристроїв зі схожими адресам в шині для запобігання колізій та непорозумінь. Для зв'язку з датчиком ведучий пристрій має послати адрес веденого пристрою який складається з 7 біт, та одного біта напряму (для запису або читання). Датчик має розвинену систему логіки та регістрів, за допомогою яких інженер може здійснювати програмування датчика та отримувати звідти дані щодо вимірюваних параметрів. Розглянувши технічну документацію від вендора [22] та ознайомившись із технічними характеристиками датчика можна переходити до роботи з ним.

Для початку роботи потрібно запрограмувати датчик виходячи з наших умов, а саме:

- вимірювання температури;
- вимірювання вологи;
- отримання даних по перериванню з мікроконтролера.

На рисунку 9.3 представлені внутрішні регістри датчика HDC2010 [5].

ADDRESS (HEX)	NAME	RESET VALUE	DESCRIPTION
0x00	TEMPERATURE LOW	00000000	Temperature [7:0]
0x01	TEMPERATURE HIGH	00000000	Temperature [15:8]
0x02	HUMIDITY LOW	00000000	Humidity [7:0]
0x03	HUMIDITY HIGH	00000000	Humidity [15:8]
0x04	INTERRUPT/DRDY	00000000	DataReady and interrupt configuration
0x05	TEMPERATURE MAX	00000000	Maximum measured temperature (Not supported in Auto Measurement Mode)
0x06	HUMIDITY MAX	00000000	Maximum measured humidity (Not supported in Auto Measurement Mode)
0x07	INTERRUPT ENABLE	00000000	Interrupt Enable
0x08	TEMP_OFFSET_ADJUST	00000000	Temperature offset adjustment
0x09	HUM_OFFSET_ADJUST	00000000	Humidity offset adjustment
0x0A	TEMP_THR_L	00000000	Temperature Threshold Low
0x0B	TEMP_THR_H	11111111	Temperature Threshold High
0x0C	RH_THR_L	00000000	Humidity threshold Low
0x0D	RH_THR_H	11111111	Humidity threshold High
0x0E	RESET&DRDY/INT CONF	00000000	Soft Reset and Interrupt Configuration
0x0F	MEASUREMENT CONFIGURATION	00000000	Measurement configuration
0xFC	MANUFACTURER ID LOW	01001001	Manufacturer ID Low
0xFD	MANUFACTURER ID HIGH	01010100	Manufacturer ID High
0xFE	DEVICE ID LOW	11010000	Device ID Low
0xFF	DEVICE ID HIGH	00000111	Device ID High

Рисунок 9.1 – Опис регістрів датчика HDC2010

Для програмування нам знадобляться регістри з адресами 0x0E та 0x0F.

Конфігурація датчика задається програмуванням регістра RESET&DRDY/INT\_CONF (рисунок 9.2) [5].

BIT	FIELD	TYPE	RESET	DESCRIPTION
7	SOFT_RES	R/W	0	0 = Normal Operation mode, this bit is self-clear 1 = Soft Reset EEPROM value reload and registers reset
[6:4]	AMM[2:0]	R/W	000	Auto Measurement Mode (AMM) 000 = Disabled. Initiate measurement via I <sup>2</sup> C 001 = 1/120Hz (1 samples every 2 minutes) 010 = 1/60Hz (1 samples every minute) 011 = 0.1Hz (1 samples every 10 seconds) 100 = 0.2 Hz (1 samples every 5 second) 101 = 1Hz (1 samples every second) 110 = 2Hz (2 samples every second) 111 = 5Hz (5 samples every second)
3	HEAT_EN	R/W	0	0 = Heater off 1 = Heater on
2	DRDY/INT_EN	R/W	0	DRDY/INT_EN pin configuration 0 = High Z 1 = Enable
1	INT_POL	R/W	0	Interrupt polarity 0 = Active Low 1 = Active High
0	INT_MODE	R/W	0	Interrupt mode 0 = Level sensitive 1 = Comparator mode

Рисунок 9.2 – Бітове поле регістра конфігурації

Обираємо:

- normal operation mode;
- auto measurement mode DISABLE;
- heater off;
- interrupt polarity – Active high;
- interrupt mode – Level sensitive.

Байт даних для програмування конфігурації : 0000 0110

Задаємо конфігурацію для вимірювання:

BIT	FIELD	TYPE	RESET	DESCRIPTION
7:6	TRES[1:0]	R/W	00	Temperature resolution 00: 14 bit 01: 11 bit 10: 9 bit 11: NA
5:4	HRES[1:0]	R/W	00	Humidity resolution 00: 14 bit 01: 11 bit 10: 9 bit 11: NA
3	RES	R/W	0	Reserved
2:1	MEAS_CONF[1:0]	R/W	00	Measurement configuration 00: Humidity + Temperature 01: Temperature only 10: NA 11: NA
0	MEAS_TRIG	R/W	0	Measurement trigger 0: no action 1: Start measurement Self-clearing bit when measurement completed

Рисунок 9.3 – Бітове поле для регістра конфігурації вимірювання

Обираємо :

- temperature resolution : 11 bit;
- humidity resolution : 11 bit;
- measurement configuration : Humidity + Temperature;
- measurement trigger : Start measurement.

Байт даних для програмування конфігурації параметрів вимірювання виглядає наступним чином : 0101 0001 (рисунок 9.3) [24].

Для того щоб отримати дані з датчика потрібно звернутися до датчика 2 рази: прочитавши данні з регістра з адресом 0x05 (для температури) та 0x06 ( для вологості).

Для отримання даних щодо освітленості звертаємося до датчика освітленості ОРТ3002. Дані зберігаються в форматі експонента – дріб. Розглянемо результуючий регістр:

Bit	Field	Type	Reset	Description
15-12	E[3:0]	R	0h	<b>Exponent.</b> These bits are the exponent bits. <a href="#">Table 8</a> provides further details.
11-0	R[11:0]	R	000h	<b>Fractional result.</b> These bits are the result in straight binary coding (zero to full-scale).

Рисунок 9.4 – Результуючий регістр

Тому для розрахунку значень яскравості застосовується наступна формула:

$$Optical\_power = (2^{E[3:0]}) \times R[11:0] \times 1.2[nW/cm^2] \quad (9.1)$$

Максимальне значення для експоненти дорівнює 0x0Bh, для залишку 0x0FFFh. Для розрахунку результату будемо використовувати формат чисел з фіксованою крапкою, так як мікроконтролер не має додаткового співпроцесора для обрахунку чисел з плаваючою комою. Для спрощення результату вираз  $(2^{E[3:0]}) \times 1.2$  можемо зберігати в таблиці, для пришвидшення обчислень (таблиця 9.1). Максимальне ціле значення яке може зберігатися у виразі є 2457, тому для представлення цілої частини виділимо 12 біт та будемо зберігати число у форматі Q12.19. Значення залишку також представляємо у вигляді Q12.19. Після перемноження ми отримуємо число у форматі Q24.38, після чого ми робимо логічний зсув вліво, щоб позбавитися зайвого знакового байту та отримуємо значення енергетичної світності у форматі Q24.39. Щоб перейти від енергетичної світності до освітленості застосовуємо наступну формулу:

$$1 \frac{nW}{cm^2} = 0.00683(lx) \quad (9.2)$$

Нормальним рівнем освітленості в приміщенні вважається 250 люкс.

Таблиця 9.1 – Відповідність значень у форматі з плаваючою комою та чисел у форматі з фіксованою крапкою у форматі Q19.21

Експонента (E)	Результат $2^E \times 1.2[nW/cm^2]$	Число у форматі з фіксованою крапкою
0x00	1.2	629145
0x01	2.4	1258291
0x02	4.8	2516582
0x03	9.6	5033165
0x04	19.2	10066330
0x05	38.4	20132660
0x06	76.8	40265320
0x07	153.6	80530640
0x08	307.2	161061280
0x09	614.4	322122560

Так як деякі датчики розташовані на великій дистанції та зв'язок з ними за допомогою вбудованих інтерфейсів мікроконтролера не є можливим, застосуємо передачу даних за допомогою інтерфейсу RS-485. Він дозволяє передавати дані на відстань до 100 метрів зі швидкістю 200 кб/с, є енергоефективним. Також на одній шині може знаходитися до 256 пристроїв.

Так як обрані мікроконтролери не мають апаратної підтримки інтерфейсу RS-485, застосуємо зовнішню мікросхему SN65HVD3082E. Для зв'язку мікросхеми з мікроконтролером знадобиться інтерфейс UART.

Розглянемо систему охорони. Одним з елементів охоронної системи є датчик розбиття скла.

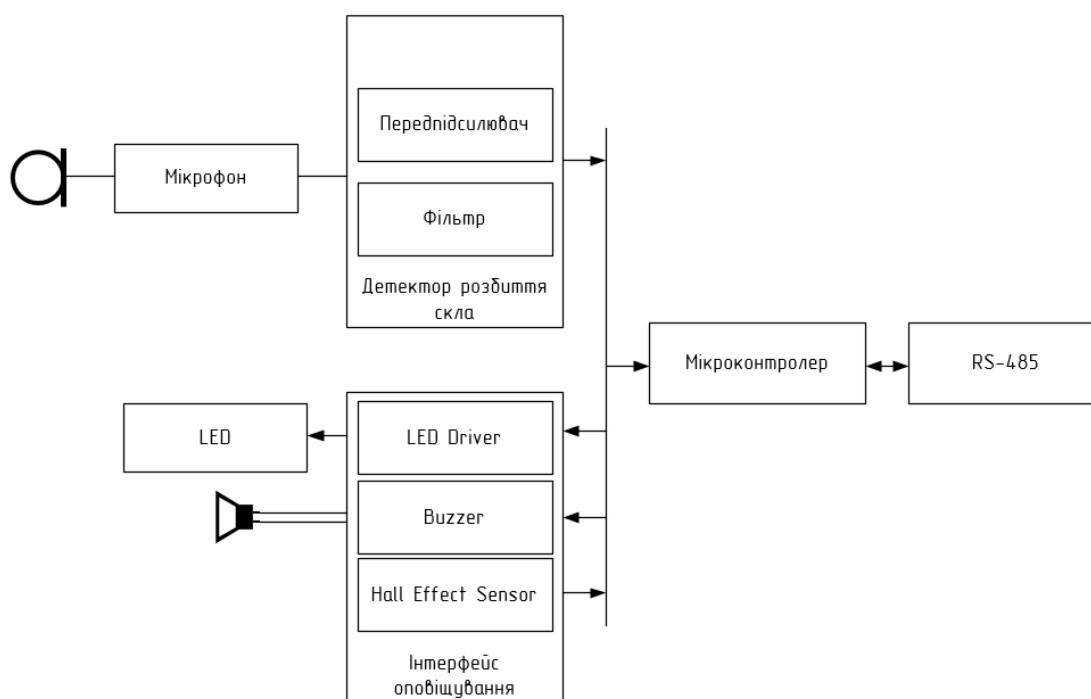


Рисунок 9.5 – Структурна схема датчика розбиття скла

Датчик представляє собою комплексну структуру яка аналізує звуковий спектр в приміщенні, та реагує на певний діапазон частот при певній гучності, що й символізує розбиття скла. Зазвичай звук битого скла лежить в діапазоні від 3.5 кГц до 7 кГц. Система складається з мікрофону, який періодично ( з часом, яким викликається задача в операційній системі), зчитує звук з навколишнього

середовища, підсилює його та передає на аналіз мікроконтролеру. Мікроконтролер за допомогою АЦП отримує дані, обробляє їх через полосовий фільтр в діапазоні частот, який зазначено вище, за допомогою ЦОС алгоритму. Після цього контролер аналізує звукові дані та вирішує чи цей звук надто гучний для розбиття скла. Чутливість мікрофону залежить від розрядності АЦП. АЦП має розрядність в 14 біт, а кожному біту розрядності відповідає 6дБ звукового динамічного діапазону, тому максимальна гучність, яку може відчувати мікроконтролер складає  $14 \cdot 6 = 84$  дБ.

При досягненні гучності в у 80 дБ можна вважати що скло було розбито, тому що людина та її діяльність не змозі витворювати звук такої частоти з такою гучністю. Слід зазначити, що при відтворенні гучної музики в якій є багато звуків з такими частотами, ймовірність помилкового спрацювання є лише при направленому в сторону датчика звукового сигналу, так як високі частоти у повітрі розповсюджуються лише прямолінійно, через низьку енергію.

Після тривожного сигналу мікроконтролер при першому зв'язку з кімнатним контролером сповістить йому про розбите скло, а сам локально подасть світлові та звукові сигнали тривоги. Датчик має зв'язок з контролером кімнати через інтерфейс RS-485.

Для детекції великої концентрації шкідливих газів використовуємо датчики чадного газу та вуглекислого газу. На рисунку 9.8 зображено структурну схему датчика.

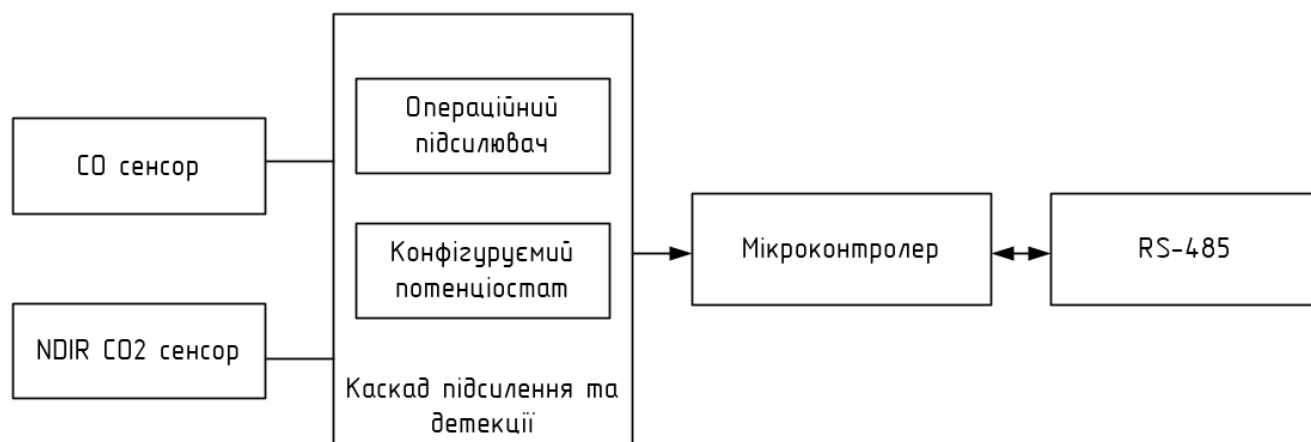


Рисунок 9.6 – Структурна схема датчику шкідливих газів

Для отримання значень з датчиків використовується АЦП мікроконтролера, так як ці датчики є аналоговими. Діапазон вимірюваних напруги полягає в діапазоні від 2.7 до 5 вольт. Концентрація 1550 часток газу на мільйон (0.152%) для людини є летальною, тому прийнявши до уваги особливості організмів різних людей можна вважати що концентрація в 800-900 часток на мільйон вже є небезпечною, після досягнення цього діапазону система увімкне вентиляцію та сповістить людей сигналом тривоги.0



## 10 МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛОСОВОГО ФІЛЬРА В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

Промодельємо роботу цифрового фільтру в середовищі Matlab.

Для фільтрації будемо використовувати фільтр з нескінченною імпульсною характеристикою (рекурсивний фільтр) зі структурою Direct Form 2.

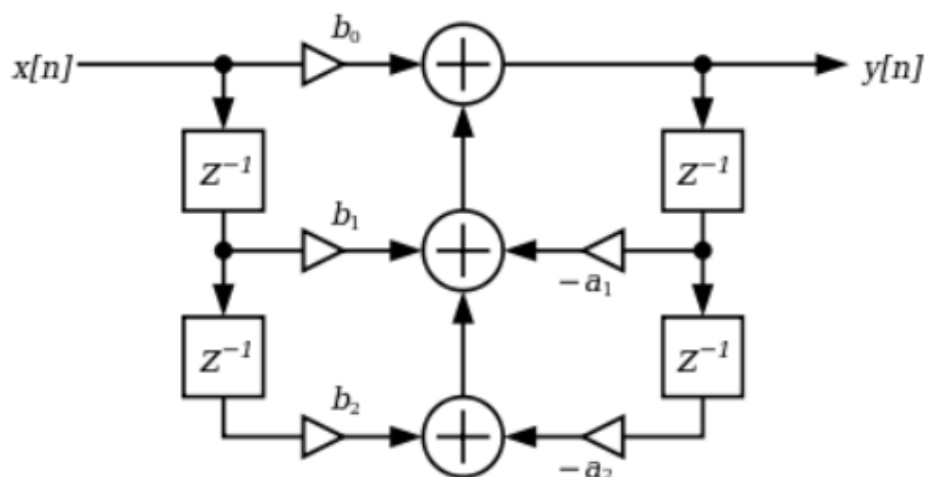


Рисунок 10.1 – IIR фільтра у формі Direct Form II

Розрахуємо необхідні коефіцієнти за наступними формулами (10.1).

$$\begin{aligned}
 b_0 &= \alpha \\
 b_1 &= 0 \\
 b_2 &= -\alpha \\
 a_0 &= 1 + \alpha \\
 a_1 &= -2 \cos(\omega_0) \\
 a_2 &= 1 - \alpha
 \end{aligned}
 \tag{10.1}$$

де,

$$\begin{aligned}
 \omega_0 &= 2\pi \frac{f_0}{f_s} \\
 \alpha &= \frac{\sin(\omega_0)}{2Q}
 \end{aligned}
 \tag{10.2}$$

Розрахуємо необхідні коефіцієнти (10.3) та нормалізуємо їх поділивши всі коефіцієнти на коефіцієнт  $a_0$ . Обираємо частоту дискретизації 44000 Гц, для того щоб мати змогу аналізувати весь звуковий сигнал та уникнути ефекту аліасінгу та задовільнити умови теореми Найквіста-Котельнікова [24].

$$\begin{aligned}
 \omega_0 &= 0.749698 \\
 \alpha &= 0.6814179 \\
 b_0 &= 0.1703544 \\
 b_1 &= 0 \\
 b_2 &= -0.1703544 \\
 a_0 &= 1 \\
 a_1 &= -1.2507228 \\
 a_2 &= 0.70888395
 \end{aligned}
 \tag{10.3}$$

Побудуємо схему фільтра в канонічній формі в середовищі Matlab.

Джерелом є синусоїдальний сигнал із зростаючою частотою від 1 до 22 кГц.

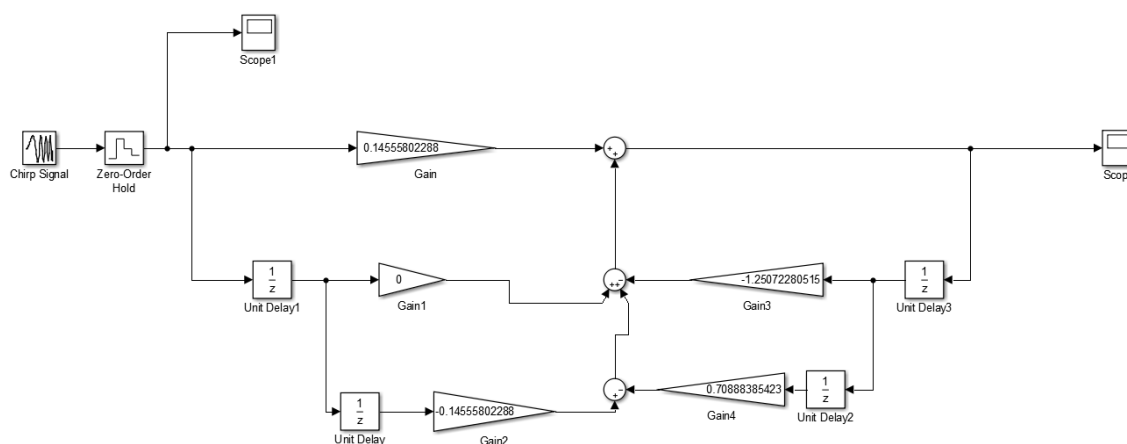


Рисунок 10.2 – Полосовий цифровий фільтр

На «рисунку 10.2» представлено схема полосового фільтра. В елементі Score 1 (рисунк 10.3) буде показано дискретизований вхідний сигнал із періодом зворотно пропорційному частоті дискретизації. На елементі Score буде зображено вихідний сигнал. Як бачимо на рисунку 10.4 фільтр подавив сигнали нижче частоти 3.5 кГц та вище 7.5 кГц. Для отримання більш крутих фронтів в вихідному сигналі слід використовувати фільтр з більшим порядком, але це не має певного сенсу через те що розрахунки стануть більшими, а якість отриманих результатів не сильно зміниться.

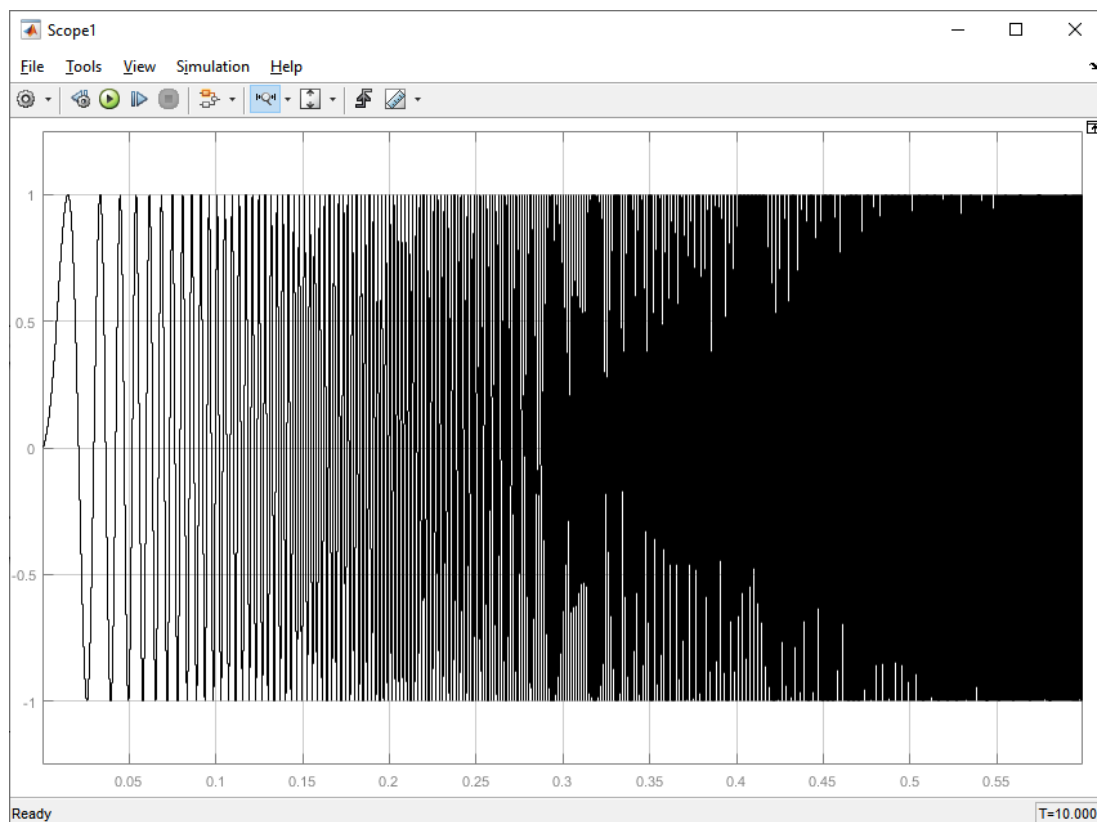


Рисунок 10.3 – Вхідний сигнал ( синусоїда зі зростаючою лінійно частотою від 1 до 22000 Гц)

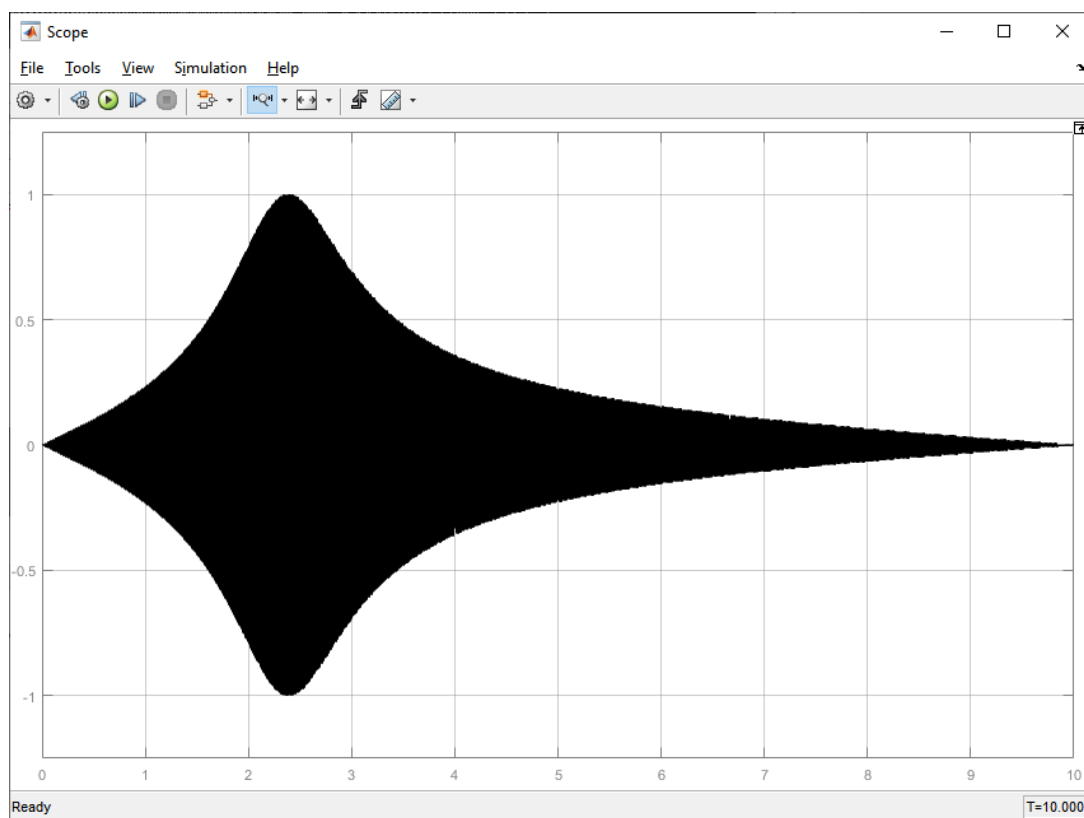


Рисунок 10.4 - Відфільтрований сигнал

## 11 СТАРТАП ПРОЕКТ

## 11.1 Опис та ідея стартап-проекту

Таблиця 11.1. Опис ідеї стартап-проекту

Назва проекту	Автоматизована система управління обладнанням житлового приміщення.
Автор проекту	Горелов О.В
Невеликий опис	У зв'язку з тенденцією людей скорочувати свої потреби в умовах її нестачі або великої ціни, для забезпечення максимально ефективного енергоменеджменту в житловому приміщенні була розроблена автоматизована система управління обладнанням в домі. Так як в сьогоденному житті люди мають великий клопіт і їм часто не вистачає часу для того, щоб приділяти увагу домі та правильно використовувати ресурси, на допомогу сім'ям може прийти система керування обладнанням в домі, яка допоможе зробити значний внесок в безпеку дому та знизити платіжки на комунальні послуги
	12 місяців
	Команда: embedded-розробки (3 чол.), тестувальник ПЗ, мереджер Матеріальні ресурси: мікроконтролери Texas Instruments, паяльне обладнання, осцилограф, ліцензоване ПЗ. Супутні витрати: оренда офісного приміщення, заробітна платня працівникам, комунальні послуги
Опис проблеми, яку вирішує проект	Насправді людина розпоряджується домашніми ресурсами не дуже економно. Багато хто з нас забуває вимкнути світло за собою або вмикає бойлер на максимальну потужність та не користується потім нагрітою водою. Саме така поведінка сприяє збільшенню платіжок кожного місяця. За даними взятими з мережі інтернет, щомісяця ми сплачуємо від 10 до 20 відсотків від загальної суми платіжки за спожиті ресурси які нами не були використані. Тому для вирішення цієї проблеми була розроблена енергоефективна, дешева та масштабована система для курування ресурсами в оселі.

Продовження таблиці 11.1.

Завдання до стартап-проекту та цілі	<p>Головною метою є дослідження подібних систем та розробка макету своєї системи, яка буде допомагати ефективно використовувати ресурси в домі та робити її безпечною. На основі цієї системи можна в майбутньому робити масштабовані системи які можуть використовуватися в кооперативах домі для зниження загальних енерговитрат</p> <p>Завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— провести аналіз ринка споріднених систем та розглянути їх переваги та недоліки;</li> <li>— ознайомитися з необхідними технологіями, які допоможуть в розробці;</li> <li>— розробити проект систему та зробити технічну документацію;</li> <li>— надати технічні можливості системи;</li> <li>— розробити первинний макет системи;</li> <li>— підвести підсумки щодо проведеної роботи.</li> </ul>
Перспективні результати роботи	<p>Очікуваний результат полягає в розроблені системи полягає в тому, що система надає можливість спростити для людини менеджмент енергоресурсами та зробити оселю безпечнішою. Ця розробка може бути встановлена в будь-які види приміщень від квартир до приватних будинків.</p>

Таблиця 11.2. Перелік запитань до проекту

№ з/п	Запитання	Відповідь
1	Частиною яких систем є продукт?	Системи управління обладнанням житлового приміщення
2	Які функції виконуватиме ця система?	Система здійснює контроль за споживанням електроенергії та тепла, задає комфортний клімат в оселі та підвищує безпеку.
3	З яких частин складається цей продукт	Система складається з головного контролера, який пов'язаний з блоком керування силовою частиною. В кожній кімнаті розміщено окремий контролер, який приймає дані від датчиків та за допомогою бездротового зв'язку посиляє їх на головний контролер.

## Продовження таблиці 11.2.

4	Чи можна комбінувати окремі модулі вашої системи в один модуль? Якщо ні то чому?	Головний керуючий контролера та контролери кімнат можна об'єднати в один модуль
5	Система складається з рухомих об'єктів? Чи можна зробити їх нерухомими?	Усі компоненти системи є нерухомими.
6	Яким ви бачите ідеальний продукт?	Ідеальним продуктом можна вважати систему який працює від батарейного живлення до 3 років.
7	Що станеться якщо прибрати цей пристрій? Чи є можливість його замінити іншим?	У зв'язку з тим що кожний продукт домашньої автоматизації є унікальним, його можна замінити іншим продуктом.
8	Яке минуле в цього проекту?	Керування здійснювалось мануально людиною
9	На вдосконалення яких частин системи було спрямовано більше уваги?	Було зроблено розвиток в системі автономності та покращення бездротової передачі даних.
10	Які на ваш погляд функції мають буди вдосконалені в першу чергу?	Дизайн, лишилися дротові датчики

## 11.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Здійснення відбору найцікавіших ідей і формування їх списку

- Ідея 1: використання бездротового зв'язку;
- Ідея 2: використання цифрових датчиків;
- Ідея 3: вдосконалення системи за допомогою режимів енергосбереження для роботи від батарейного живлення;
- Ідея 4: використання ОСРВ;
- Ідея 5: використання в дешевих мікроконтролерах арифметику для обчислення чисел з фіксованою крапкою;

— Ідея 6: зробити зв'язок між контролером та силовою електронікою.

Агрегування 1. Створення окремої системи на основі протоколу зв'язку RS-485.

Агрегування 2. Обмін даними між центральним контролером та кімнатними контролера за допомогою LoRa модуляції.

Агрегування 3. Розробка універсальної масштабованої системи.

Ідея 1. Використання бездротового зв'язку.

- така технологія дозволить уникнути прокладання кисельної кількості дротів по всьому будинку;
- надійність системи ( до дроти можуть обриватися );
- Висока завадостійкість.

Ідея 2. Використання цифрових датчиків

- спростить програмування системи;
- для подібних цілей цифрові датчики дешевші за аналогові.

Ідея 3. Вдосконалення системи за допомогою режимів енергосбереження для роботи від батарейного живлення

- можливість системи працювати віддалено на термін до 3-х років від звичайної батарейки;
- можливість уникнути додаткових витрат на блоки живлення.

Ідея 4. Використання ОСРВ.

- підвищує надійність системи;
- робить систему більш гнучкою;
- спрощує для програмістів певний перелік можливостей.

Ідея 5. використання в дешевих мікроконтролерах арифметику для обчислення чисел з фіксованою крапкою.

- Можливість працювати з дробовими числами;
- Підвищення локальних обчислювальних можливостей системи.

Ідея 6. Зробити зв'язок між контролером та силовою електронікою.

- Можливість забезпечувати безпечне функціонування високовольтних ланцюгів та потужних приладів;
- Підвищення електробезпеки.

Агрегування 1. Створення окремої системи на основі протоколу зв'язку RS-485.

- Спрощений обмін даними між пристроями в межах однієї кімнати;
- Можливість обміну даними з кількома пристроями в одній шині.

Агрегування 2. Обмін даними між центральним контролером та кімнатними контролера за допомогою LoRa модуляції.

- велике покриття сигналом;
- зв'язок в неліцензованих частотах з безкоштовним;
- Висока надійність передачі даних.

Агрегування 3. Розробка універсальної масштабованої системи.

- можливість додавання окремих датчиків в систему;
- можливість розширення кімнат;
- можливість використання в будь-яких приміщеннях

### 11.3 Аналіз можливості розгортання старатпу

Таблиця 11.3. Огляд потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість конкурентів, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн./ум.од	1200000
3	Попит на ринку	Зростаючий
4	Наявність перешкод перед виходом на ринок	Відсутні



### 11.5 Висновки до розділу

В цьому розділі було розроблено стратегічні плани та підходи в розробці інноваційного стартап проекту. Було проаналізована основні групи споживачів, попит на товари зі схожими характеристиками. Оцінено динаміку розвитку ринку та рентабельність виконання робіт з розробки автоматизованої системи управління обладнанням житлового приміщення.

Прийнято до уваги фактори ризиків, перешкоди які можуть трапитися на шляху та методи виходу з кризисних ситуацій.

## ВИСНОВКИ

В магістерській дисертації була розроблена автоматизована система управління обладнанням житлового приміщення. Вона складається з головного блоку та контролерів кімнат, які здійснюють зв'язок за допомогою бездротового зв'язку за протоколом LoRa.

Контролер кімнати вимірює температуру, освітленість, вологість, концентрацію чадного та вуглекислого газів. Також спостерігає за безпекою в кімнаті, контролюючи відкриття дверей та цілісність скла. В роботі застосовувалася ОСРВ FreeRTOS, яка спростила розробку програмного забезпечення.

Система може застосовуватися в будь-якому житловому приміщенні та комплектуватися довільною кількістю контролерів кімнат. Це робить її більш гнучкою та масштабованою, що є великим плюсом.

За підсумком виконаної роботи була розроблена система яка має переваги в невеликій ціні і гнучкості комплектації, має гарні показники по автономності. Також цей проект має гарний потенціал розвитку, вдосконалення існуючих рішень та додавання нових ідей.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хоровиц п., хилл У. Х80 Искусство схемотех.ники: Пер. с англ. - Изд. 2-е. - М.: Издательство БИНОМ . 2014. - 704 с., ил.
2. Хемминг Р. В. Цифровые фильтры. — М.: Недра, 1987. — 221 с.
3. Управление Bluetooth модулем [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/392839/> - Дата доступа: 22.03.2019.
4. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12е изд. Том II: Пер. с нем. — М.: ДМК Пресс, 2007. — 942 с.:ил. ISBN 5-94074-148
5. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12е изд. Том I: Пер. с нем. — М.: ДМК Пресс, 2008. — 832 с.: ил. ISBN 5-94074-148
6. Схемы звезда и треугольник [Публікація]. — Режим доступа: <http://new-techs.ru/sxemy-zvezda.html> — Дата доступа: 21.10.2020
7. Стивен Смит Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников. Додэка XXI, 2008. — 720 с. ISBN 978-5-94120-145-7, ISBN 0-750674-44-X
8. Синяк В.В., Орлов Є.І.. Мережі передачі даних. Изд.3-е, -М.: Техноорлик, 2017. 324с.
9. Ричард Лайонс Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. — М.: Бином-Пресс, 2006 г. — 656 с.: ил.
10. Проектування мікропроцесорних систем: Проектування мікропроцесорних систем на базі AVR—мікроконтролерів: Периферійні модулі AVR—мікроконтролерів: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри Автоматики та управління у технічних системах / Укл.: А.О. Новацький— К: НТУУ „КПІ”.
11. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. Изд. 2-е, испр. — М.: Техносфера, 2007. — 856 с. ISBN 978-5-94836-135-2
12. Молчанов А. А., Корнейчук В. И., Тарасенко В. П. и др. Справочник по микропроцессорным устройствам. — К.: Тэхника, 1987. — С. 288.

13. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи :Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. освітньої програми «Інтегровані інформаційні системи» спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А.О. Новацький. – Електронні текстові дані (1 файл: 18.97 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 246 с.

14. Мікроконтролерні системи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bezkz.su/publ/shemy/raznoe-na-mikrokontrollerah/300414-31-8-800-414-.html> - Дата доступу: 28.03.2018

15. Міжнародна наукова інтернет-конференція «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення», випуск 52 — Збірник тез доповідей: випуск 52 ( м. Тернопіль, 14 жовтня 2020р.) – Тернопіль. – 2020. –45с.

16. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем / под редакцией Шахнова В. А.. — М.: «Радио и связь», 1988. — Т. 2.

17. Мардус Г.О., Пугач К.О., Шутенко В.М., Застосування степових транзисторів в системах енергосбереження. – М.: «Радіо зв'язок», Київ, 2009, 169с, - Т.4.

18. Кроковий двигун – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD) . Дата доступу: 19.09.2020

19. Енциклопедія кібернетики. тт. 1, 2. — К.: Головна редакція УРЕ, 1973. — 584 с.

20. Евстифеев А. В. Микроконтроллеры ARM семейства Cortex-M. Руководство пользователя. – М.:Издательский дом «Додэка–XXI», 2008.

21. Горобченко М.А, Орехов М.В.. «Промислова електроніка» .— М.: Техносфера, 2012. — 228 с.

22. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): підручник / В. М. Ванько, Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук, Ю. В. Яцук; ред.: Є. С. Поліщук,

В. М. Ванько; Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів, 2015. — 580 с. — Бібліогр.: с. 577—580.

23. Васильев А. Е., Микроконтроллеры: разработка встраиваемых приложений, изд. «БХВ-Петербург» 2008.

24. Бабенко Є.І., Катран Д.Г., «Адаптивні системи управління» — М.:Издательский дом «ДЕКА», 2008.

25. Texas Instruments, TMS320C64x DSP Library Programmer's Reference, Appendix A.2.

26. PS2 GS User's Guide, Chapter 7.1 "Explanatory Notes"

27. NFPA 720: Standard for the Installation of Household Carbon Monoxide (CO) Warning Equipment, 2005 Edition, Annex B Dangers of Carbon Monoxide, B.1 Carbon Monoxide, Table B.1 Symptoms of Carbon Monoxide Exposure Based on Concentration

28. MSP432P401R, MSP432P401M SimpleLink™ Mixed-Signal Microcontrollers datasheet (Rev. H). Доступ: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp432p401r.pdf?ts=1608114720650>. Дата доступу: 17.11.2020.

29. Liptak, Bela G. (2005). Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization. CRC Press. p. 2464. ISBN 978-0-8493-1081-2.

30. "Standard for Single and Multiple Station Carbon Monoxide Alarms". UL. Retrieved October 22, 2017.

31. "MathWorks Fixed-Point Toolbox Documentation Glossary". mathworks.com.